

Alain Dupuis

**La création et l'utilisation collectives de connaissances
dans les réussites techniques et économiques**

Thèse

Présentée

à la Faculté des études supérieures

de l'Université Laval

pour l'obtention

du grade de Philosophiæ Doctor (Ph. D.)

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ADMINISTRATION

UNIVERSITÉ LAVAL

QUÉBEC

JUIN 2001

RÉSUMÉ COURT

Dans la présente thèse, j'examine l'idée que les réussites techniques et économiques reposent sur les processus collectifs et décentralisés de création et d'utilisation de connaissances qui prennent place dans les marchés, les communautés de spécialistes et les organisations. J'utilise, entre autres, les théories sociocognitivistes du marché, de la science et de l'organisation, de même que le cadre conceptuel de l'intelligence artificielle pour définir les tâches accomplies par ces processus et les méthodes qu'ils mettent en action. Je théorise ces processus sous la forme d'ordres spontanés, de systèmes d'ajustements mutuels, de systèmes de coopération et de systèmes d'échanges. Les méthodes qu'ils réalisent sont largement décentralisées et constituent une véritable intelligence collective décentralisée. Elles rendent possibles les réussites techniques et économiques parce qu'elles permettent de créer et de mobiliser beaucoup de connaissances. Ces processus sont à la source de l'innovation technicommerciale. J'étudie un cas d'innovation à l'interface d'une entreprise et d'une communauté de spécialistes.

Alain Dupuis

Michel Audet

RÉSUMÉ LONG

Le contexte de l'économie du savoir soulève des questions de fond sur les liens entre la connaissance et la réussite technique et économique. Qu'est-ce que la connaissance ? Comment est-elle créée et utilisée dans les réussites techniques et économiques ? Comment rend-elle possibles ces réussites ? Dans la présente thèse, j'explore l'hypothèse que ces réussites reposent sur des processus de création et d'utilisation de connaissances collectifs et décentralisés. On retrouve de tels processus décentralisés dans les marchés, dans les communautés scientifiques ou techniques et dans les entreprises. La compréhension de ces processus pose le problème des compétences collectives décentralisées : comment un ensemble d'individus peut-il réussir à accomplir une tâche sans plan d'ensemble et sans direction centrale ? Les théoriciens de la gestion évoquent les processus d'ajustements mutuels en réponse à cette question, mais ces processus ont été peu étudiés et sont mal compris. La compréhension des réussites techniques et économiques passe par la compréhension des compétences collectives décentralisées et des processus d'ajustements mutuels. Les sciences de la cognition offrent un cadre conceptuel et méthodologique pour l'étude des compétences. Dans les sciences de la cognition, on explique les compétences sous la forme de machines de création et d'utilisation de connaissances. On comprend une machine lorsqu'on comprend la tâche qu'elle accomplit, les méthodes qu'elle utilise, et les processus qui mettent en action ces méthodes. Les sciences de la cognition ont développé des outils pour représenter, caractériser et comparer les tâches, les méthodes et les processus. J'appelle « approche sociocognitiviste » la démarche qui consiste à étudier les réussites collectives en s'inspirant de ce cadre. L'approche sociocognitiviste étudie le marché, la science et l'organisation sous la forme de machines complexes de création et d'utilisation de connaissances. J'essaie de caractériser la tâche accomplie par ces machines, les méthodes décentralisées utilisées et les processus d'interaction, d'échange et de coopération qui les réalisent. J'examine finalement la tâche d'innovation technicommerciale et les machines sociales qui la réalisent. À l'aide d'une analyse documentaire, je caractérise la contribution de la communauté du génie logiciel à la réalisation d'une innovation technicommerciale, et les moyens utilisés par Bell Canada pour mobiliser cette contribution.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIER RÉSUMÉ	i
SECOND RÉSUMÉ	ii
TABLE DES MATIÈRES.....	iii
LISTE DES FIGURES	xii
LISTE DES TABLEAUX	xiii
REMERCIEMENTS	xiv

INTRODUCTION L'INTELLIGENCE COLLECTIVE DANS LES RÉUSSITES TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES

Un premier aperçu des arguments.....	4
Seuls des individus peuvent être intelligents ?	5
Légitimité de l'approche sociocognitiviste	7
Le problème de l'intelligence décentralisée	8
Connaissance et coopération	8
L'ajustement mutuel dans la création et l'utilisation collectives de connaissances	9
Les réussites techniques et économiques	10

PREMIÈRE PARTIE FONDEMENT D'UNE THÉORIE GÉNÉRALE DE LA COMPÉTENCE

CHAPITRE 1 COMPRENDRE LA RÉUSSITE

1.1 Introduction	13
1.2 L'espace des démarches de connaissance	13
1.3 Connaître le général et le particulier	15

1.4	Réussir et comprendre	17
1.5	L'interdépendance des démarches de connaissance	21
1.6	Conclusion	26

CHAPITRE 2 COMPRENDRE LES SYSTÈMES COMPÉTENTS

2.1	Introduction	28
2.2	La science de l'artificiel	29
2.3	Les deux composantes de toute compétence : finalité et connaissance	32
2.4	Quelques objections aux concepts de téléonomie et de représentation	39
2.5	Objections au représentationnisme	45
2.6	À la défense du cadre d'interprétation finaliste et représentationnel	52
2.7	Sur l'origine et la nature du cadre d'interprétation finaliste et représentationnel	58
2.8	Pourquoi l'interprétation téléoreprésentationnelle est-elle utile ?.....	62
2.9	Du point de vue du plan au point de vue de l'intentionnalité...	67
2.10	Conséquence pour l'études des phénomènes collectifs	71

CHAPITRE 3 VERS UNE SCIENCE DES SYSTÈMES COMPÉTENTS. LA CONTRIBUTION DES SCIENCES DE LA COGNITION

3.1	Introduction	72
3.2	Le rôle central de l'intelligence artificielle	73
3.3	L'encadrement de l'interprétation subjectiviste	74
3.4	L'explication dans les sciences de la cognition	75

3.5	Les méthodes de recherche comme armature rationnelle de l'action	82
3.6	Le réductionnisme dans les sciences de la cognition	92
3.7	De l'analyse fonctionnelle à l'explication causale	96
3.8	Les démarches de formalisation dans les sciences de la cognition	103
3.9	La complémentarité des analyses structurale et procédurale ...	111
3.10	Cognitivism ou connexionnisme ?	115
3.11	L'explication finaliste et représentationnelle	116
3.12	La compétence limitée	119
3.13	De la représentation complète à la représentation incomplète ..	120
3.14	L'interprète à la remorque de l'agent	123
3.15	Les problèmes propres au volet finaliste	125
3.16	De la tâche aux processus	127
3.17	La nature et l'origine de la connaissance	127
3.18	Conclusion	130

CHAPITRE 4 UNE PERSPECTIVE SOCIOCOGNITIVISTE SUR LA CONNAISSANCE ET L'ACTION

4.1	Introduction	131
4.2	Les tâches à accomplir, les problèmes à résoudre	132
4.3	La connaissance, une solution au problème du coût de l'action	133
4.4	La spécialisation	134
4.5	Le problème de la rareté des ressources	138
4.6	La variété des conditions de l'action, un obstacle à la méthode de construction et d'utilisation de connaissances	140
4.7	Épistémologie de la spécialisation	142

DEUXIÈME PARTIE FONDEMENTS D'UNE THÉORIE SOCIOCOGNITIVISTE DES COMPÉTENCES COLLECTIVES DÉCENTRALISÉES

CHAPITRE 5 LA PERSPECTIVE SOCIOCOGNITIVISTE ET LES THÉORIES DU SOCIAL

5.1	Le cadre finaliste et représentationnel dans les traditions intellectuelles de l'Occident	155
5.2	Significations vécues et projets collectifs	164
5.3	L'individu dans la sociologie contemporaine	167
5.4	L'interprétation téléoreprésentationnelle des phénomènes collectifs	173
5.5	L'explication fonctionnelle	178

CHAPITRE 6 COMPRENDRE L'INTELLIGENCE DÉCENTRALISÉE

6.1	Les processus décentralisés	184
6.2	Légitimité de l'idée de compétence collective	187
6.3	L'expérimentation informatique pour penser les compétences décentralisées	190
6.4	Trois expériences informatiques pour enrichir notre intuition ..	193

CHAPITRE 7 L'AUTONOMIE ET LE PROBLÈME DE LA COOPÉRATION

7.1	Introduction	205
7.2	Penser l'autonomie	206
7.3	Problème de la coopération, problème de l'ordre social	208

CHAPITRE 8 AU CŒUR DES PROCESSUS SOCIAUX. LES RELATIONS D'ÉCHANGE ET LE PROBLÈME DE LA COOPÉRATION

8.1	L'échange, un processus social fondamental	223
8.2	L'échange de valeurs négatives	225
8.3	Pouvoir de négociation et coopération	227
8.4	Le problème de la coopération dans l'échange	229
8.5	Un cadre conceptuel pour l'étude du problème de l'échange ..	232
8.6	Les mécanismes de l'échange spontané et le problème de la coopération	236
8.7	Les processus d'échange selon Piaget	238
8.8	Le bénéfice réciproque	241
8.9	La conservation des valeurs d'échange différées	243
8.10	La genèse des valeurs morales	247
8.11	La conservation juridique des valeurs d'échange	257
8.12	L'espace des formes d'échange, de la transaction à la relation	260
8.13	De l'échange bilatéral à l'échange multilatéral	262
8.14	Le problème de l'échange selon Williamson	269
8.15	L'organisation en tant que système d'échange	281
8.16	Conclusion	285

TROISIÈME PARTIE UNE CONCEPTION SOCIOCOGNITIVISTE DES COMPÉTENCES COLLECTIVES ET LA MISE EN VALEUR DES MÉCANISMES D'AJUSTEMENTS MUTUELS

CHAPITRE 9	AUTONOMIE ET EXPÉRIMENTATION SOCIOTECHNIQUE	
9.1	Les compétences collectives	288
9.2	Division du travail, expérimentation et compétences des systèmes sociotechniques	290
9.3	Expérimentation et autonomie	293
9.4	Expérimentation et civilisation	304
CHAPITRE 10	UNE CONCEPTION SOCIOCOGNITIVISTE DU MARCHÉ	
10.1	Introduction	307
10.2	La planification centrale	308
10.3	La division et la coordination bureaucratique du travail	312
10.4	Le marché en tant que procédure collective de découverte	316
CHAPITRE 11	UNE CONCEPTION SOCIOCOGNITIVISTE DE LA SCIENCE	
11.1	Introduction	323
11.2	La théorie de la connaissance de Popper	325
11.3	La science	328
11.4	Examen critique	330
11.5	La science ouverte	331
11.6	La science, un ordre spontané	333
11.7	Piaget et la science en devenir	342
11.8	L'ajustement mutuel et la coordination des actions selon Piaget	344
11.9	Les opérations de la coopération rationnelle	348
11.10	La science en action	353
11.11	Le jeu de la science	356

11.12	La science et ses réseaux d'échange	365
-------	---	-----

CHAPITRE 12 UNE CONCEPTION SOCIOCOGNITIVISTE DE L'ORGANISATION

12.1	Introduction	372
12.2	L'organisation comme processus d'acquisition et d'utilisation de connaissances	373
12.3	Les ambiguïtés de la proposition de March et Simon	376
12.4	La construction des compétences collectives	379
12.5	La construction des connaissances au fondement des compétences chez Argyris et Schön	385
12.6	Auto-organisation de l'entreprise	391
12.7	Théories implicites et systèmes sociaux complexes	393
12.8	Vérifications expérimentales	394
12.9	Connaissances réparties et règles non écrites	397
12.10	La sociogenèse des compétences des entreprises	398
12.11	Compétences collectives et routines organisationnelles	399
12.12	Le système computationnel socioculturel d'Edwin Hutchins ..	403
12.13	L'entreprise et les compétences collectives opaques	409

CHAPITRE 13 LES MACHINES SOCIALES DE L'INNOVATION TECHNICO- COMMERCIALE. ÉTUDE DU PROJET DE R ET D DATRIX

13.1	Introduction	411
13.2	Un premier aperçu de la tâche étudiée	412
13.3	Les machines sociales de l'innovation	415
13.4	Les connaissances génériques et les communautés d'experts ..	416

13.5	Les connaissances techniques particulières et les organisations	422
13.6	Étude d'un projet de R et D	424
13.7	Le projet Datrix	425
13.8	Datrix et la stratégie d'impartition	428
13.9	La conception et le développement de Datrix	429
13.10	Analyse documentaire du projet Datrix	430
13.11	Bell Canada et la communauté de spécialistes du génie logiciel	436
13.12	Les rencontres de la communauté du génie logiciel	451
13.13	Les rencontres et les écrits de la communauté du génie logiciel	455
13.14	Analyses des données	458
13.15	Conclusion	459

CONCLUSION

Le contexte intellectuel contemporain	460
Les problèmes conceptuels	460
De la pensée courante aux sciences de la cognition	461
Les compétences collectives	462
Les machines sociales décentralisées	463
Les problèmes de la coopération	464
Les machines sociales de l'innovation technicommerciale	465
Un programme de recherche	465

BIBLIOGRAPHIE	467
---------------------	-----

ANNEXES

Annexe A. Projet Termites	481
Annexe B. Projet phéromone	482
Annexe C. Projet ant-lines	483
Annexe D. Liste de toutes les participations aux 16 conférences auxquelles est associé Bruno Laguë	484
Annexe E. Liste des organisations liées aux rencontres auxquelles est associé Bruno Laguë	510

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Orientation des démarches cognitives	14
Figure 2.	De l'abstrait au concret	22
Figure 3.	Réussir et comprendre	23
Figure 4.	Abstraire et concrétiser	24
Figure 5.	Représentation de l'espace d'une tâche 1	84
Figure 6.	Représentation de l'espace d'une tâche 2	117
Figure 7.	Représentation de l'espace d'une tâche 3	136
Figure 8.	Espace de la tâche avec valeurs	147
Figure 9.	Au départ	194
Figure 10.	Après 10 minutes	194
Figure 11.	<i>Ant-line</i>	200
Figure 12.	Le dilemme du prisonnier à deux joueurs	212
Figure 13.	La structure asymétrique 1	228
Figure 14.	La structure symétrique 2	228
Figure 15.	L'échelle de valeurs	234
Figure 16.	Continuum des types de relation	262
Figure 17.	La structure asymétrique 2	298
Figure 18.	La structure symétrique 2	298
Figure 19.	Réseau des références	447

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Liste des auteurs des documents diffusés sur le site du projet Datrix	430
Tableau 2.	Lien des auteurs avec l'École Polytechnique	431
Tableau 3.	Nombre de publications par auteur et par année	436
Tableau 4.	Liste des références apparaissant dans les documents reliés au projet Datrix	437
Tableau 5.	Liste des auteurs cités et de leur affiliation	440
Tableau 6.	Liste des entreprises mentionnées	443
Tableau 7.	Liste des universités et organisations publiques, semi-publiques ou militaires mentionnées dans les références	444
Tableau 8.	Liste des manuels, traités et essais techniques cités	445
Tableau 9.	Liste des médias auxquels renvoient les documents reliés au projet Datrix	448
Tableau 10.	Liste des colloques et ateliers auxquels renvoient les documents reliés au projet Datrix	449
Tableau 11.	Liste des périodiques auxquels renvoient les documents reliés au projet Datrix	450
Tableau 12.	Liste des rencontres auxquelles Bruno Laguë est associé	451
Tableau 13.	Nombre de personnes associées à une ou à plusieurs rencontres.....	452
Tableau 14.	Liste des organisations les plus souvent liées aux rencontres auxquelles est associé Bruno Laguë	453
Tableau 15.	Liste des pays auxquels appartiennent les 45 organisations les plus actives.....	455
Tableau 16.	Liste des 31 auteurs cités par l'équipe Datrix associés aux mêmes rencontres que Bruno Laguë	456
Tableau 17.	Participation des partenaires de l'équipe Datrix aux rencontres auxquelles est associé Bruno Laguë	458

REMERCIEMENTS

Je dois cette thèse au soutien indéfectible de mes parents Paula Perreault et Laurier Dupuis, de ma femme Michèle D'Amour et de mon directeur Michel Audet. Richard Déry a été l'instigateur de mes travaux dans les sciences de la gestion. J'ai bénéficié des encouragements et des conseils de Pascal Lang et de Jean-Marc Martel, de même que du soutien financier de l'Université Laval, du programme des prêts et bourses du Ministère de l'Éducation et du Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche (FCAR).

Introduction

L'intelligence collective dans les réussites techniques et économiques

When every individual person labours apart and only for himself, his force is too small to execute any considerable work; his labour being employed in supplying all his different necessities, he never attains a perfection in any particular art; and as his force and success are not at all times equal, the least failure in either of these particulars must be attended with inevitable ruin and misery. Society provides a remedy for these three inconveniences. By the conjunction of force our power is augmented; by the partition of employments our ability increases; and by mutual succour we are less exposed to fortune and accidents. It is by this additional force, ability, and security, that society becomes advantageous . David Hume¹.

Les réussites techniques et économiques sont des affaires collectives. Elles sont le produit de diverses formes d'organisation collective des activités de création, d'expérimentation, de production et d'échange. Les diverses formes d'entreprise et de marché, par exemple, sont des facteurs importants de la réussite technique et économique. Pour comprendre comment cette réussite est possible, nous devons comprendre comment des ensembles d'individus en interaction peuvent accomplir des tâches qu'un individu isolé ne pourrait accomplir. Il nous faut également comprendre pourquoi les différentes formes d'organisation des activités permettent de réussir différentes tâches avec des rendements distincts.

¹ *A Treatise on Human Nature*, Livre III, partie II, section II, p. 56 dans *Hume's Moral and Political Philosophy*, présenté par Henry D. Aiken, Hafner Press, 1948.

L'esprit gestionnaire explique la réussite en général par un effort délibéré de planification, d'organisation, de direction et de contrôle. Comment un ensemble d'individus en interaction pourrait-il bien, en effet, accomplir une tâche si aucune intelligence ne fait de plans, ne divise et ne coordonne le travail à accomplir, et ne s'assure que chacun accomplit bien sa part du travail ? Sans plan d'ensemble, le travail de plusieurs personnes ne pourra que résulter en un chaos sans intérêt. La planification, l'organisation, la direction et le contrôle constituent les piliers de l'action collective rationnelle, selon la pensée commune, dont l'esprit gestionnaire n'est probablement qu'une manifestation exacerbée.

Les théoriciens de la gestion ont appris à se méfier un peu du chant de sirène de l'esprit gestionnaire, dont les perversions sont dénoncées depuis un moment déjà. La plus célèbre de ces dénonciations, et encore aujourd'hui l'une des plus brillantes, est celle de Peters et Waterman dans leur ouvrage *In Search of Excellence*. On y voit des auteurs prendre au sérieux la contrainte insurmontable que constituent l'ignorance et l'incertitude pour l'esprit gestionnaire. La gestion en tant que planification, direction autoritaire et contrôle hiérarchique se heurte au mur de l'inconnu et de l'imprévisible. La gestion en tant que planification se heurte au problème du caractère nécessairement séquentiel de la prise de décision rationnelle dans un monde que l'on découvre progressivement ou qui se transforme continuellement. Planifier maintenant pour demain, c'est trop souvent s'empêcher de bénéficier de ce qu'on pourra apprendre en cours de route. Découvrir et apprendre est au moins aussi rationnel que planifier.

La proposition de Peters et Waterman est simple. On doit se donner les moyens de découvrir et d'apprendre, ce qui va de soi dans un monde largement inconnu et imprévisible. Expérimenter, expérimenter et encore expérimenter, au jour le jour, dans toutes ses activités. Expérimenter, c'est mettre à l'épreuve et

comparer entre eux des façons de faire et des projets, sans mettre tous ses œufs dans le même panier, sans mettre toute sa foi dans le jugement d'une seule personne ou d'une seule équipe. Face à l'inconnu, tous les jugements peuvent se révéler défaillants. Disposer de plusieurs points de vue, c'est éviter de se retrouver coincé dans un cul-de-sac. Comment organiser une telle expérimentation collective, voilà le problème. L'organisation expérimentatrice est une organisation décentralisée dans laquelle contradiction, chevauchement, redondance et compétition sont possibles. Nous voilà ramenés à notre point de départ. Sans une intelligence pour en tracer le plan et sans direction d'ensemble, les activités et les interactions d'un ensemble d'individus peuvent-elles mener à autre chose qu'au chaos ? C'est ce que tend à conclure peut-être un peu trop facilement la pensée gestionnaire courante. À la planification, à la direction autoritaire et au contrôle hiérarchique, les théoriciens de la gestion ont opposé des processus décentralisés d'ajustements mutuels. Malheureusement, ces processus ont été relativement peu étudiés en gestion, et nous sommes encore relativement démunis pour expliquer comment un ensemble d'individus peut réussir à accomplir une tâche sans plan d'ensemble et sans direction centrale autoritaire. C'est la question de l'intelligence collective décentralisée. C'est à l'étude de cette question que je consacre ma thèse.

La première étape dans l'étude de l'intelligence et des compétences collectives décentralisées consiste à clarifier l'idée de compétence en tant que capacité à accomplir une tâche. Quelles sont les conditions générales de la compétence ? Comment expliquer les compétences ? Les quatre premiers chapitres de ma thèse tentent de répondre à cette question. Je montre que les sciences de la cognition et l'intelligence artificielle nous apportent un cadre conceptuel, méthodologique et formel pour l'étude des compétences. Je montre également que la connaissance est une condition nécessaire de la compétence. La deuxième étape consiste à établir les conditions de possibilité des compétences collectives décentralisées. Comment un ensemble d'individus en interaction peut-il manifester des compétences ? Je consacre la deuxième partie

de ma thèse à cette question. Les travaux sur les phénomènes d'auto-organisation apportent une partie de la réponse. Les études sur l'ordre social et la coopération en apportent une autre.

L'étude de l'intelligence collective consiste pour l'essentiel en l'étude des processus collectifs de création et d'utilisation de connaissances. Les réussites techniques et économiques de notre monde sont le produit d'un travail collectif, le produit de processus collectifs de construction et d'utilisation de connaissances. Dans la troisième partie, j'aborde de front l'étude de systèmes de création et d'utilisation de connaissances qui contribuent de façon déterminante à ces réussites techniques et économiques, soit le marché, la science et l'organisation. Mon étude met en valeur la nature des processus décentralisés d'ajustements mutuels et leur contribution à la constitution des compétences collectives dont les réussites techniques et économiques sont une manifestation. Je mets ainsi en lumière une caractéristique méconnue de ce qu'il est convenu d'appeler l'économie du savoir, soit le fait qu'elle repose largement sur des processus de création et d'utilisation de connaissances collectifs et décentralisés.

Un premier aperçu des arguments

Les idées de compétence et d'intelligence collectives décentralisées font face à plusieurs objections et les deux premières parties de ma thèse ont pour but de montrer que ces objections ne tiennent pas. Ces objections tournent autour de deux pôles. L'un des pôles est l'idée courante que seuls des individus ont des buts, des connaissances et de l'intelligence. L'autre pôle est la pensée « centraliste » proprement dite, selon laquelle l'ordre et la compétence ne peuvent apparaître sans un plan et une direction d'ensemble.

Seuls des individus peuvent être intelligents ?

Examinons d'abord les objections du premier type. Selon ces objections, il ne serait pas légitime sur le plan scientifique de parler de conduites, d'intelligence et de connaissances à propos d'un système d'individus en interaction. On peut opposer à cette objection une question troublante : en quoi est-il plus légitime de parler de buts et de connaissances à propos d'un ensemble de neurones en interaction qu'à propos d'un ensemble d'individus en interaction ? Cette contre-objection est bien sûr une arme à double tranchants. Si un individu n'est qu'un ensemble de cellules en interaction, et qu'une cellule n'est qu'un ensemble de molécules en interaction, pourquoi devrions-nous accorder le moindre crédit à ces notions du sens commun que sont les idées de but et de connaissance ? Ces notions ne sont-elles pas dépassées et inappropriées dans les explications scientifiques ? Dans le chapitre 1, j'essaie d'établir le rapport entre la connaissance et la capacité à atteindre un but. Si les concepts de connaissance et de but sont illégitimes, je fais fausse route, tout comme une bonne partie du contexte intellectuel contemporain, qui accorde beaucoup d'importance à la connaissance. Il faut éclaircir cette question

Le chapitre 2 est une étude sur le fondement des idées de connaissance, de but et de valeur. Ma stratégie consiste à faire d'abord un examen de cette question en biologie où le concept de finalité a reçu beaucoup d'attention et où son rejet a souvent été exigé. Je ne prétends pas régler la question, mais seulement ébranler cette certitude du sens commun que « seuls des individus humains ont des buts, des connaissances et de l'intelligence ». La conclusion à laquelle j'arrive dans ce chapitre est que loin d'être dépassées et loin de représenter les attributs exclusifs des individus humains, les idées de connaissance, de but, de valeur et de compétence sont de toute première importance dans la compréhension de tout système doté de compétences. Or la compétence est ce qui caractérise en propre l'ensemble du vivant, auquel appartiennent les mondes humains et techniques. Ne pas prendre en compte les

compétences des ensembles d'individus en interaction, c'est probablement négliger un aspect fondamental de leur nature. Encore faut-il savoir comment étudier ces compétences.

Dans le chapitre 3, j'explore l'idée que les sciences de la cognition sont des sciences de la compétence, et que le cadre conceptuel, formel et méthodologique de l'intelligence artificielle, en particulier, pourrait fournir des éléments importants d'une véritable science générale de la compétence. Par l'intermédiaire de cette science générale de la compétence et de l'intelligence, les sciences de la cognition contemporaines peuvent faire une contribution aux sciences de l'organisation. Deux ouvrages fondamentaux en ont déjà donné un aperçu autour de 1960, soit *Organizations*, de March et Simon et *A Behavioral Theory of the Firm*, de Cyert et March². Les sciences de la cognition et l'intelligence artificielle ont pris de l'ampleur et de la maturité depuis cette époque, mais peu d'auteurs semblent s'y intéresser dans les sciences de l'organisation, où la seule amorce de révolution cognitiviste demeure encore aujourd'hui celle entreprise par Simon et March. L'ouvrage important d'Edwin Hutchins, *Cognition in the Wild*, fait figure d'exception dans cette indifférence pour les sciences de la cognition. Ce livre est le seul ouvrage d'une certaine envergure, à la fois théorique et empirique, dans lequel l'étude de l'action organisée est fondée sur les sciences de la cognition contemporaines.

Cette absence d'intérêt tient peut-être en partie à la forte tendance des scientifiques de la cognition à ne s'intéresser ou à ne prendre comme objet d'étude que l'individu humain et son esprit. Ce faisant, ils anthropomorphisent et individualisent l'intelligence et la connaissance qui ne sont alors que des attributs des individus humains. Comme March et Simon en 1958, Hutchins arrive à faire une contribution importante à la fois aux sciences de la cognition et aux sciences de l'organisation en concevant les systèmes sociaux comme des systèmes de construction et d'utilisation de connaissances. Ces auteurs

² March et Simon (1958) et Cyert et March (1963).

défendent implicitement une approche que je qualifierai de sociocognitiviste, selon laquelle les sciences de la cognition peuvent être mobilisées avec profit pour rendre intelligibles l'intelligence et les connaissances collectives.

Dans le chapitre 3, je tente de jeter les bases intellectuelles d'une science générale de la compétence en m'appuyant sur les sciences de la cognition et, plus particulièrement sur l'intelligence artificielle. Selon moi, toute explication d'une compétence a au moins trois volets et je discute cette idée importante dans ce chapitre. Expliquer la compétence d'un agent, c'est d'abord comprendre la tâche que cet agent accomplit. C'est ensuite mettre au jour les méthodes qui rendent possible la réalisation de cette tâche. C'est finalement établir quels processus causaux mettent en action ces méthodes. Dans les sciences de la cognition, on explique la compétence et la réussite par des processus de création et d'utilisation de connaissances. Au chapitre 4, j'approfondis la question des rapports entre la connaissance et la réussite dans la perspective de la science de la compétence. Pour ce faire, je combine les cadres conceptuels de la praxéologie et de l'intelligence artificielle. J'y montre que la connaissance est une solution au coût de l'action. La forme du problème du coût de l'action détermine en bonne partie la forme des processus de création et d'utilisation de connaissances qui permettent la réussite.

Légitimité de l'approche sociocognitiviste

Dans les deuxième et troisième parties de ma thèse, j'étudie les compétences collectives à la lumière de la théorie générale de la compétence développée dans la première. Le chapitre 5 établit les rapports entre cette science de la compétence et certains travaux de sociologie. Mon but est de lever les objections qu'on peut faire à l'approche sociocognitiviste du point de vue de la sociologie contemporaine, pour qui les idées d'intelligence et de connaissances collectives sont douteuses.

Le problème de l'intelligence décentralisée

Même une fois levée l'objection de principe contre l'idée qu'un ensemble d'individus en interaction puisse avoir un projet et des connaissances propres, une difficulté persiste, pour beaucoup d'auteurs, et réside dans le problème de la compréhension des compétences décentralisées. Comment un ensemble d'individus en interaction pourrait-il accomplir une tâche qu'aucun individu ne conçoit, et dont aucun individu ne dirige l'exécution selon un plan d'ensemble ? Pour trop de gens encore, une telle possibilité ne semble même pas envisageable. Je veux montrer dans le chapitre 6 que les perspectives de l'auto-organisation contribuent, au moins en principe, à lever cette difficulté. Ce sont bien les individus qui mettent en action les compétences collectives, mais ils ne savent pas toujours quelles compétences ils mettent en action, encore moins comment ils le font.

Les sciences de la cognition peuvent être généralisées en une science de la compétence. Lorsqu'on applique le cadre conceptuel de cette science aux ensembles d'agents en interaction, on obtient une théorie des compétences collectives, dont la portée ne se limite pas aux phénomènes humains mais couvre également les sociétés d'animaux, plus particulièrement les sociétés d'insectes, et les sociétés d'agents artificiels. Le chapitre 6 s'engage résolument dans la direction d'une théorie des compétences collectives, c'est-à-dire dans la direction d'une théorie des compétences manifestées collectivement par un ensemble d'agents en interaction.

Connaissance et coopération

La suite de la thèse est consacrée à tenter de mettre au jour les tâches, les méthodes et les processus les plus généraux qui caractérisent les ensembles compétents d'individus humains en interaction. Je me penche sur deux tâches

qui me semblent incontournables dans la réalisation de toute compétence collective. Il s'agit d'abord de la tâche de construction et d'utilisation de connaissances. Dans la perspective des sciences de la cognition et de la science générale de la compétence, il n'y a pas de compétence sans connaissances. Une compétence étant toujours une victoire sur l'ignorance, une compétence collective est nécessairement le produit d'un système de construction et d'utilisation de connaissances. L'autre grande tâche est la réalisation d'une forme de coopération. Le problème de la coopération est incontournable dans l'étude des compétences collectives puisque, par définition, celles-ci reposent sur la participation de plusieurs individus. Si un ensemble d'individus manifeste une compétence, il y a nécessairement coopération, que cette compétence et cette coopération soient ou non reconnues comme telles par les individus de cet ensemble. Le mot coopération doit être entendu ici au sens le plus large. Des individus qui ne se volent pas et ne se tuent pas malgré leur interdépendance coopèrent en s'échangeant le respect de certaines règles de conduite. Dans le chapitre 7, je trace les grands contours du problème général de la coopération et de ses solutions. Dans le chapitre 8, je me penche sur les processus par lesquels ces solutions peuvent se réaliser, que j'étudie dans le détail sous la forme de relations d'échange.

L'ajustement mutuel dans la création et l'utilisation collectives de connaissances

Les quatre chapitres de la troisième partie sont des études sur de grands systèmes décentralisés de création et d'utilisation de connaissances. On peut voir la civilisation, le marché, la science et l'organisation comme des phénomènes de construction et d'utilisation de connaissances. Le travail des chapitres antérieurs affaiblit les objections qu'on oppose habituellement à une telle interprétation sociocognitiviste : seuls les individus humains ont des connaissances, des projets et de l'intelligence ; il n'y a pas de compétences sans des individus humains pour les penser ; l'étude des processus sociaux nous

montre autre chose que des individus docilement soumis à des mécanismes fonctionnels qui les transcendent et les dominent. Ces trois types d'objection sont liés aux conceptions que les opposants à la perspective sociocognitiviste se font de l'intelligence et de la connaissance. Ils font de ces propriétés les attributs exclusifs des sujets humains, individuels et conscients. Les conséquences intellectuelles de cette idée, que l'intelligence artificielle nous aide à remettre en cause, ne sont pas anodines. Ces conceptions de l'intelligence et de la connaissance contribuent à entretenir une pensée centraliste selon laquelle l'ordre, la coordination et les compétences collectives ne peuvent être que le résultat d'une conception, d'une planification et d'une supervision par une conscience individuelle. J'entends bien montrer dans les chapitres 9 à 12 l'importance de l'idée contraire, soit que les compétences collectives sont, pour une part appréciable, le produit de systèmes décentralisés d'ajustements mutuels, systèmes dont aucun individu n'a fait la conception, et qui accomplissent de vastes tâches que personne n'a conçues d'avance ni ne coordonne dans leur ensemble.

Les réussites techniques et économiques

Il reste une objection de taille à l'approche sociocognitiviste telle que je la présente et à l'idée d'intelligence collective décentralisée. On me répliquera avec raison que cette conception des ensembles d'individus en interaction est peut-être intéressante pour expliquer des compétences collectives, mais que son intérêt demeure marginal si les compétences collectives elles-mêmes sont rares. En d'autres mots, même en admettant que la perspective sociocognitiviste soit fondée, sa pertinence et son intérêt n'en sont pas assurés pour autant, puisqu'elle pourrait ne s'appliquer qu'à une faible portion des phénomènes sociaux. N'est-il pas envisageable, en effet, que les ensembles humains présentent bien plus d'incompétence que de compétence ? Je pense que ce type d'objection sous-estime la somme et la qualité des compétences que nous construisons et mobilisons collectivement, ainsi que la quantité et la variété des tâches qui sont

accomplies avec succès. Partout autour de nous il y a les résultats de réussites techniques et sociales extraordinaires que nous ne remarquons même pas, dont nous ne nous soupçonnons même pas l'incroyable difficulté et improbabilité³.

Toujours est-il que s'il est un domaine où l'on peut difficilement contester la compétence de notre civilisation, c'est bien celui de la technique. De l'exploitation pétrolière en haute mer à l'exploration de l'espace, de la transplantation d'organes à la manipulation individuelle des atomes, la seule énumération de toutes « nos » réussites techniques s'étendrait sur des milliers de pages. Une telle somme de réussites peut difficilement se comprendre sans faire appel à une conception sociocognitiviste des ensembles humains. Comme le montre bien Hutchins, lorsqu'un individu ou une organisation réussit à accomplir une tâche, cette réussite ne s'explique la plupart du temps qu'en prenant en compte le travail préalable ou parallèle d'un vaste système socioculturel. Nos réussites sont toujours pour une bonne part le produit du travail combiné d'un ensemble d'individus en interaction. L'étude de l'innovation technico commerciale confirme le caractère collectif et décentralisé des grands processus producteurs de réussites techniques et économiques. L'innovation technico commerciale repose sur les processus décentralisés de création et d'utilisation de connaissances qui animent les entreprises, les marchés et les communautés de spécialistes. Je consacre le treizième et dernier chapitre à éclairer la nature de la contribution de ces différents processus à l'innovation technico commerciale. Dans une étude empirique, je mets en lumière le rôle de la communauté de spécialistes en génie logiciel dans la conception et le développement d'un outil dont l'entreprise Bell Canada est propriétaire et qui permet l'analyse des programmes informatiques.

³ Le terme « réussite » en choquera quelques-uns, qui m'objecteront que ces « réussites » ne sont pas sans effets pervers qui relèvent de l'échec, particulièrement en ce qui regarde l'écosystème terrestre. Il y a simplement mésentente sur le sens du mot réussite. Je l'utilise dans un sens étroit pour signifier l'accomplissement d'une tâche, quelle que soit la valeur que l'on accorde à cette tâche. Construire des millions d'automobiles constitue une tâche que l'on peut réussir ou échouer selon certains critères bien définis. Construire des millions d'automobiles non polluantes et économes des ressources non renouvelables est une autre tâche définie par d'autres critères de réussite et d'échec.

Première partie

Fondements d'une théorie générale de la compétence

Chapitre 1

Comprendre la réussite

1.1 Introduction

La perspective sociocognitiviste que j'adopte ici se donne pour objet d'étude la capacité à réussir des tâches que présentent des ensembles d'individus en interaction. Pour comprendre la réussite collective, il faudrait peut-être dans un premier temps tenter de répondre à certaines questions préalables. Que signifie au juste réussir ? Et que signifie comprendre la réussite ? Peut-on réussir sans comprendre et comprendre sans réussir ? Dans les quatre chapitres de cette première partie, je me questionne sur la nature de la connaissance et sur le rôle de celle-ci dans la capacité à réussir une tâche. Se faire une meilleure idée de la nature de la connaissance et des exigences de la réussite me semble une condition préalable à tout travail sérieux sur la capacité des ensembles d'individus en interaction à construire et à utiliser des connaissances.

1.2 L'espace des démarches de connaissance

Pour voir clair dans les rapports entre la connaissance et la réussite d'une tâche, il faudrait peut-être d'abord se faire une idée de l'ensemble des démarches de connaissance possibles. Il faudrait pouvoir situer ces démarches les unes par rapport aux autres, repérer ce qui les unit et ce qui les distingue. Pour ce faire, je propose que nous nous représentions un espace des démarches de connaissance comprenant deux dimensions et quatre directions. Chacune de ces dimensions est constituée par un couple de directions opposées que nous nous représenterons, en première approximation, comme les deux directions d'un même axe (voir la figure 1).

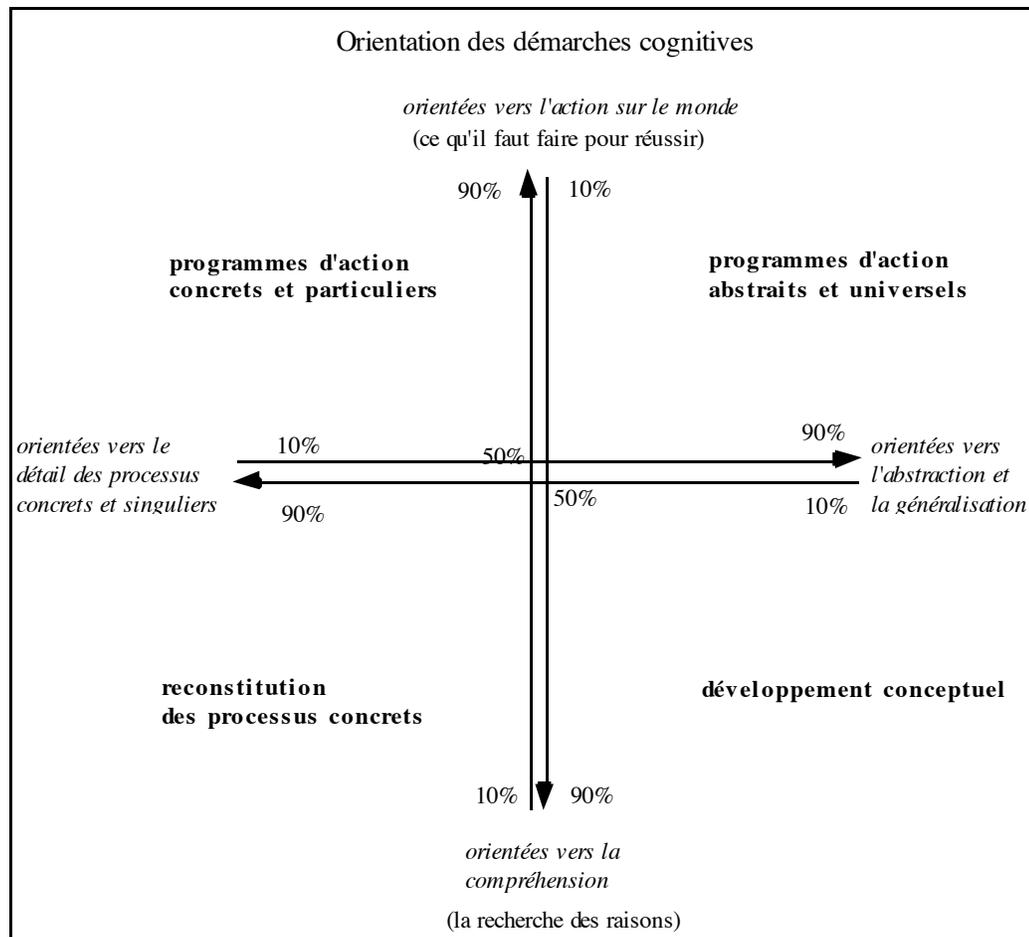


Figure 1. Orientation des démarches cognitives

L'étude des rapports entre les sciences et les techniques nous permettra de tester la valeur des distinctions et des relations constitutives de cette représentation des démarches de connaissances. Le test aura d'autant plus de pertinence et d'intérêt qu'on associe généralement les sciences et les techniques à des processus de construction de connaissances⁴ permettant la compréhension et la réussite, et qu'elles sont l'objet d'une interprétation sociocognitiviste dans les chapitres 11 et 13.

⁴ Rosenberg (1982, p. 120) : « *I will argue that we may fruitfully look upon technological innovation as a learning process—in fact, as several distinct kinds of learning processes* ».

1.3 Connaître le général et le particulier

Dans la première dimension de cet espace, je place, d'une part, une orientation vers l'abstraction, la généralisation et l'intégration rationnelle qui permet de détecter et d'utiliser les régularités, les invariants qui apparaissent dans les interactions entre le sujet et l'objet de la connaissance⁵. Je vois, d'autre part, une orientation vers la différenciation et la modification des connaissances établies pour maîtriser le réel ou rendre compte de sa richesse indéfinie. Cette première distinction dans l'orientation des démarches de connaissance m'est inspirée par la distinction classique, que rappelle Piaget⁶, entre les sciences « nomothétiques » et les sciences historiques, les premières cherchant à dégager des « lois », des « faits généraux » et des invariants, alors que les secondes cherchent au contraire à atteindre « chaque processus concret en toute sa complexité et par conséquent en son originalité irréductible »⁷. La première démarche s'oriente dans le sens de l'abstrait, de ce qu'il y a de commun à plusieurs phénomènes au-delà de leurs dissemblances. Fait d'importance, l'abstraction permet d'aller au-delà de ce qui existe, en ouvrant la voie aux possibles. Cela n'est pas trivial puisqu'il faut bien que quelque chose soit possible avant qu'on puisse le savoir réel. La deuxième démarche s'oriente dans le sens d'une restitution du réel dans toute sa complexité et sa singularité, dans ce qu'il a d'irréductible à tout schéma déductif.

Dans sa caractérisation du savoir technique, Nathan Rosenberg nous décrit celui-ci par opposition à la connaissance scientifique comme une connaissance locale plutôt que générale :

⁵ La dernière partie de cette affirmation traduit simplement ma reconnaissance du caractère relationnel de la connaissance : (« ... les connaissances ne constituent pas une copie du milieu mais un système d'interactions réelles qui reflètent l'organisation autorégulatrice de la vie autant que les choses elles-mêmes », Piaget, 1967, p. 50).

⁶ Dans son *Épistémologie des sciences de l'homme*. Voir Piaget (1968).

⁷ Piaget (1970), p. 21. Dans *Misère de l'historicisme*, Popper défend lui aussi cette distinction classique : « tandis que les sciences théoriques se préoccupent principalement de découvrir et de tester des lois universelles, les sciences historiques admettent tous les types de lois universelles et se préoccupent exclusivement de découvrir et de tester des énoncés singuliers » (Popper, 1988, p. 180).

*It is the essence of technological knowledge that it deals not with the general or the universal, but with the specific and the particular [...] all these are developments of little scientific interests, dealing as they do with the detailed characteristics of a material or process under very specific circumstances*⁸.

Contrairement aux connaissances scientifiques, le savoir technique porterait donc largement sur les particularités d'objets et de processus concrets et singuliers. Selon Rosenberg, le développement technique consiste pour une grande part en un processus d'amélioration continu, au jour le jour, des procédés de fabrication et des produits. Ce processus d'amélioration graduelle repose d'abord et avant tout sur la construction de connaissances concrètes non généralisables.

Aaron Sloman présente une distinction qu'on peut rapprocher de celle que je tente d'établir ici. Il soutient que les démarches de construction de connaissances prennent deux visages distincts selon qu'elles portent sur les formes abstraites du monde ou sur son contenu concret :

The aims of extending knowledge and understanding can be subdivided as follows : (1.a) Extending knowledge of what sorts of things are possible and impossible in the world, and how or why they are (the aim of interpreting the world, or learning about its form). (1.b) Extending knowledge of what particular objects, events, processes, or states of affairs exist or existed in particular places at particular times

⁸ Rosenberg (1976), p. 78. Voir également Rosenberg (1982, p. 123) : « *Much of the technical knowledge required in high-technology societies tends to be extremely specialized or specific with respect to the nature of the process and the machines involved. Not only is this knowledge not precisely predictable from scientific principles or methodology; it cannot, as we will see, be accurately predicted from experience with related or analogous technologies* ». Chaque procédé est lié à des objets et à des processus toujours partiellement singuliers, ce qui empêche la généralisation et l'anticipation sur la base de l'expérience antérieure.

*(the aim of acquiring 'historical' knowledge, or learning about the contents of the world)*⁹.

1.4 Réussir et comprendre

J'adhérerais entièrement à la proposition de Sloman si ce n'était de cet autre axe qui oppose réussite et compréhension, et qui est bien important pour notre propos. Réussir et comprendre, ce n'est probablement pas la même chose. Encore qu'il faille bien cerner ce que l'on entend par réussir et par comprendre pour en arriver à cette conclusion. Je crois que la représentation de l'action sous la forme d'un « espace de problème », à la façon de Newell et Simon¹⁰, nous permet d'établir assez facilement et avec une certaine rigueur ce qui distingue la capacité à réussir de la compréhension. Un espace de problème représente la situation et les possibilités de transformation que cette situation autorise. La situation d'un agent ou de son milieu apparaît sous la forme d'un « état » positionné dans un réseau d'états possibles. Les possibilités de transformation de cet état apparaissent sous la forme d'« opérateurs » capables de faire passer la situation d'un état à l'autre, d'une position à l'autre, dans le réseau des états possibles. Le « problème » de l'action consiste à trouver le moyen d'atteindre une position aux caractéristiques données dans cet espace des états possibles. Cette position est le but de l'action et le problème consiste à trouver un chemin vers ce but. Il suffit donc, pour réussir une action, de tracer un chemin vers un but dans un espace de problème, aussi peu structuré que soit cet espace, c'est-à-dire aussi pauvre que soit notre connaissance des propriétés globales du milieu d'action que représente cet espace de problème. La réussite ne nécessite souvent qu'une connaissance locale, c'est-à-dire une connaissance intimement liée aux actions propres de l'agent et aux caractéristiques de l'environnement immédiat du chemin suivi. En effet, je peux réussir à me déplacer dans une ville inconnue même si je ne dispose pas de cartes adéquates. Il me suffit de connaître des

⁹ Sloman (1978), p. 24-25.

¹⁰ Newell et Simon (1972).

itinéraires, des chemins. La connaissance de ce chemin prend la forme de programmes d'action constitués d'instructions conditionnelles du type : « une fois rendu à tel endroit, tourner à droite ».

Le propre de la compréhension est plutôt de situer les séquences d'action constatées (le chemin dont on prend conscience dans l'action ou que le chercheur met au jour) dans l'arbre infini des possibles, de faire de ces séquences « un simple secteur de ce possible illimité »¹¹. Comprendre c'est construire et maîtriser une géométrie de l'espace global dans lequel sont tracés les chemins réels et virtuels, de façon à pouvoir y voir les raisons qui rendent compte des chemins réels, et en particulier des chemins qui permettent de réussir. La carte de la ville permet de situer les chemins les uns par rapport aux autres, et fournit la raison de la valeur de certains itinéraires « à succès », ceux qui permettent de passer d'un point A à un point B dans la ville. La compréhension est d'abord orientée vers la recherche des raisons alors que la recherche de procédés efficaces caractérise les démarches orientées vers la réussite. Pour intéressante qu'elle soit, la proposition de Sloman ne porte que sur la démarche de compréhension et ne nous permet pas de situer les démarches orientées vers la réussite dans l'action qui sont au centre de nos préoccupations ici. Ces rapports entre la compréhension et la réussite, on les retrouve dans les rapports entre les sciences et les techniques.

Jusqu' autour de 1875, les techniques se sont développées de façon à peu près autonome par rapport aux connaissances scientifiques¹². Ce constat ne surprend pas si l'on distingue bien les sciences, et leur quête de compréhension, des techniques et de leur quête de réussite. Encore aujourd'hui, bien des objets techniques accomplissent des tâches imparfaitement comprises, à l'aide de

¹¹ Piaget, (1974), p. 242.

¹² Rosenberg et Birdzell (1986, p. 242) : « *Western scientific and economic advance are separated not only in time, but also by the fact that until about 1875, or even later, the technology used in the economies of the West was mostly traceable to individuals who were not scientists, and who often had little scientific training* ».

procédés eux-mêmes imparfaitement compris. Encore aujourd'hui, on conçoit des objets techniques capables de très bien remplir leurs fonctions sans que nous en ayons une compréhension précise et complète. Le secteur des produits pharmaceutiques en est un exemple frappant : on ne connaît pas le mode d'action précis de nombreux médicaments fort efficaces. De même, le fait de mal comprendre les phénomènes de combustion et de turbulence ne nous empêche pas de mettre au point des moteurs et des avions qui fonctionnent très bien¹³. La réussite semble bel et bien possible sans compréhension, c'est-à-dire sans mise au jour des raisons de la réussite. Savoir qu'un procédé fonctionne n'est pas savoir pourquoi il fonctionne. Les objets techniques sont rarement de simples applications de principes scientifiques connus. Ils sont le produit d'une démarche de construction de connaissance des « chemins à succès », une démarche propre à la recherche de la réussite dans l'action¹⁴. Au total, l'image que nous venons de nous faire des connaissances techniques les place assez clairement dans le quadrant situé en haut et à gauche dans la figure 1.

Dans cette représentation, je pose l'hypothèse que, à tout moment, les démarches de connaissance d'un agent, ou d'un ensemble d'agents, s'orientent plus ou moins vers l'abstrait ou le concret et vers la réussite ou la compréhension. Qu'est-ce qui justifie une telle hypothèse ? Comme les

¹³ Rosenberg (1982, p. 143-144) : « *Even today, much productive activity is conducted without a deep scientific knowledge of why things perform the way they do. We operate blast furnaces even though we do not understand their combustion process very well, and we routinely fly in airplanes the optimal design of which are achieved by fairly ad hoc, trial-and-error processes because there are no theories of turbulence or compressibility adequate to determine optimal configurations in advance [...] Thus, the normal situation in the past, and to a considerable degree also in the present, is that technological knowledge has preceded scientific knowledge [...] Product design engineers are involved in a complex organizing procedure, but one in which success can be attained without scientific understanding of the phenomena involved. The lack of scientific understanding need not be, and fortunately often is not, an insuperable obstacle* ».

¹⁴ Rosenberg (1994, p. 13-14) : « *Performance characteristics of high-technology products simply cannot be accurately predicted without extensive testing. A new jet-engine design, or airplane wing, or weapons system, or electronic switching system, or synthetic-fuel plant, or pharmaceutical product, may require an enormous amount of testing before its performance characteristics can be understood with a high enough degree of accuracy and reliability to warrant commercial introduction. A large part of the D of R&D is devoted precisely to acquiring such information. It cannot be overemphasized that such information typically cannot be deduced from scientific principles* ».

ressources de tout agent (chercheur, réseau de chercheurs) sont limitées, et que ces quatre orientations impliquent des cadres conceptuels et des méthodes de recherche différents, plus un agent s'engage vers l'un des pôles d'un axe, plus il se trouve à négliger l'autre pôle. Par exemple, restituer le concret pour une grande région matérielle et spatio-temporelle, et avec un bon niveau de profondeur, nécessite beaucoup de ressources qui ne sont alors plus disponibles pour l'abstraction et la généralisation, qui nécessitent de nombreuses comparaisons et mises en relation de situations différentes, réelles et virtuelles. De même, la compréhension exige la construction d'une représentation et d'un système d'opérateurs unifiés qui permettent de rendre compte des propriétés d'ensemble des dynamiques dans lesquelles s'insère le phénomène à l'étude. En particulier, il faut pouvoir placer le phénomène dans l'ensemble des possibles. Cela exige un effort cognitif énorme n'apportant pas toujours un gain par rapport à une démarche d'abord centrée sur la mise au jour d'un chemin vers la réussite. Un tel chemin nécessite plutôt la maîtrise d'indices locaux qui ne peuvent pas toujours ni même généralement être déduits d'une représentation globale abstraite laissant échapper trop de ces singularités qui marquent le réel. De même, la recherche par tâtonnement de ces indices locaux qui permettent la maîtrise des interactions entre un agent et un milieu, et le maintien de celles-ci à l'intérieur d'un chemin « à succès », n'apporte que peu dans l'immédiat à la compréhension, c'est-à-dire à la maîtrise d'une géométrie de l'espace de fonctionnement du système à l'étude. Si ce raisonnement tient, alors il faudra admettre que l'on peut « comprendre » sans être capable de réussir, et que l'on peut réussir sans « comprendre ». Il ne faut toutefois pas oublier que, dans ce raisonnement inspiré du « formalisme » de Newell et Simon, « comprendre » et « réussir » ont probablement une signification plus limitée que dans l'usage courant de ces termes. Nous n'avons guère d'autres choix, pour donner un sens précis à nos interrogations, que de faire appel à un cadre conceptuel et formel qui en délimite le sens sans toutefois totalement trahir l'usage courant. L'étude des rapports entre les sciences et les techniques semble confirmer cette conclusion, que je vais maintenant nuancer.

1.5 L'interdépendance des démarches de connaissance

J'ai souligné que cette représentation de l'espace des démarches de connaissance n'était probablement qu'une première approximation, et qui ne vaut que pour une certaine échelle de cet espace. On pourrait penser, par exemple, que sa validité a un rapport avec l'échelle de grandeur du rapport « total des efforts cognitifs / difficulté relative du problème ». Cette représentation pourrait, par exemple, être valable lorsque ce rapport est faible (effort modeste, problème compliqué) mais ne tiendrait plus pour des rapports très grands, où les ressources ne sont plus une contrainte (effort important, problème simple). Lorsque ce rapport est grand, les deux orientations opposées de chacun des axes deviennent complémentaires ou, plus précisément, leur complémentarité ne se trouve pas compromise par leur dépendance vis-à-vis des mêmes ressources. Les deux démarches d'abstraction et de restitution du concret, par exemple, sont absolument et nécessairement complémentaires à une certaine échelle de l'espace des démarches de connaissance. Abstraire, généraliser et intégrer, c'est construire les éléments invariants et les structures d'un espace de problème en s'appuyant sur les régularités trouvées dans les phénomènes rencontrés. Abstraire, généraliser et intégrer, c'est préparer un cadre pour les actions de repérage, de catégorisation, de mise en correspondance, de mise en opposition des phénomènes, sans lesquelles l'action sur le milieu et la restitution du concret sont impossibles. Sans préparation, sans cadres ou schèmes d'assimilation préalables, le « concret » n'est pas accessible parce qu'il n'y a tout simplement pas de sujet connaissant¹⁵. Les « faits »

¹⁵ Il ne faut pas confondre le concret avec le sens commun ou la perception immédiate. La perception et le sens commun font appel à des cadres abstraits, généralisés et intégrés tout autant que les sciences. Et celles-ci tout autant que le sens commun ou la perception tentent de restituer le concret. Parler de ce qu'on peut voir ou saisir par le sens commun ne rend pas une discussion nécessairement plus « concrète » mais simplement plus familière. Concrétiser consiste à mettre au jour les particularités d'une situation (ou d'une action), alors qu'abstraire et généraliser consiste à mettre au jour ce qu'il y a de commun entre cette situation (action) et d'autres situations (actions), indépendamment des différences qui peuvent exister par ailleurs entre elles. Le continuum concret-abstrait que j'utilise ici prend la forme d'une arborescence différenciatrice si l'on se dirige vers le concret et intégratrice si l'on se dirige vers l'abstrait :

n'existent que dans la seule et unique mesure où ils sont captés (bien ou mal) par les filets d'un espace de problème préalablement construit qui ouvre sur des faits possibles.

S'ils ont la prétention de donner une signification aux « observables », et si l'on souhaite les enrichir, les cadres abstraits doivent être confrontés aux objets qu'ils permettent de saisir. À terme, ce n'est même que par cette confrontation que ces cadres peuvent avoir une utilité comme instrument de réglage des rapports entre le sujet et l'objet de la connaissance. Cette confrontation passe par leur application au réel. Comme les cadres sont constitués par ce qu'il y a de commun (le général, et par le fait même, l'abstrait) à plusieurs phénomènes ou à plusieurs actions du sujet, réels ou possibles, ils doivent être différenciés (accommodés) pour s'appliquer aux phénomènes concrets réels toujours indéfiniment particuliers et singuliers. La restitution du concret passe par cette différenciation, qui ne se fait pas toujours sans problèmes. La restitution problématique du concret alimente la construction des cadres, qui se construisent au fil des cycles d'abstraction et de généralisation puis de différenciation et d'intégration, c'est-à-dire par la constitution de sous-systèmes accommodés d'une façon ou d'une autre aux aspects des phénomènes, ou des actions, qui perturbent initialement le fonctionnement des « filets » cognitifs, et par intégration (assimilation réciproque, réorganisation) des éléments différenciés entre eux et avec les systèmes existants¹⁶. De la même

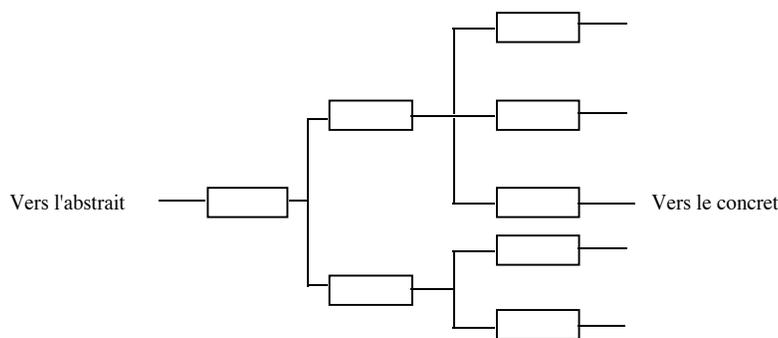


Figure 2. De l'abstrait au concret

¹⁶ La proposition de Sloman (1978, p. 25) va dans le même sens : « *the two scientific aims are very closely linked. One cannot discover what sorts of things are possible, nor test explanatory theories, except by discovering particular facts about what actually exists or occurs.* »

façon, on pourrait soutenir que la réussite et la compréhension sont, à une certaine échelle, liées l'une à l'autre. La construction d'un programme d'action peut tirer profit d'une « compréhension » préalable qui évite le tâtonnement dans des régions jamais explorées auparavant, mais qu'on soupçonne être peu prometteuses du fait de certaines bonnes raisons qu'on a de le croire, raisons liées à la géométrie de l'espace global. En retour, cette recherche de la réussite peut venir enrichir la compréhension, dans la mesure où ce n'est, en bout de ligne, qu'à partir d'un travail effectué sur les chemins que peuvent être construites les connaissances « géométriques » d'un espace de problème.

Je propose que nous nous représentions les caractéristiques de cette échelle de l'espace des démarches de connaissance par deux spirales où les tâches opposées se soutiennent mutuellement. La restitution du concret enrichit les données disponibles pour l'abstraction, qui en retour permet une meilleure restitution du réel. La recherche de la réussite s'appuie sur une « compréhension » préalable qu'elle finit par enrichir en retour.

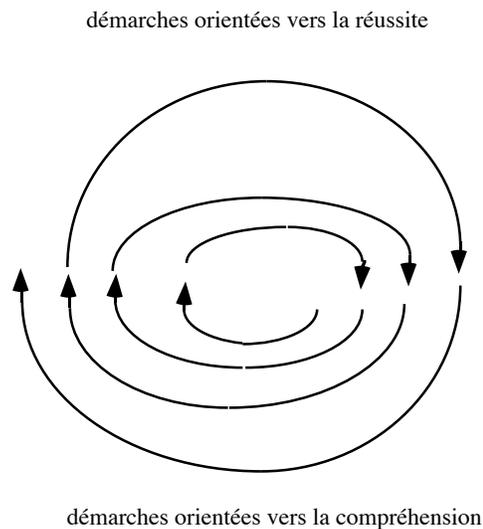


Figure 3. Réussir et comprendre

Conversely, one cannot really understand particular objects, events, processes, etc. except insofar as one classifies and explains them in the light of more general knowledge about what kinds of things there can be and how and why. These two aims are closely linked in all forms of

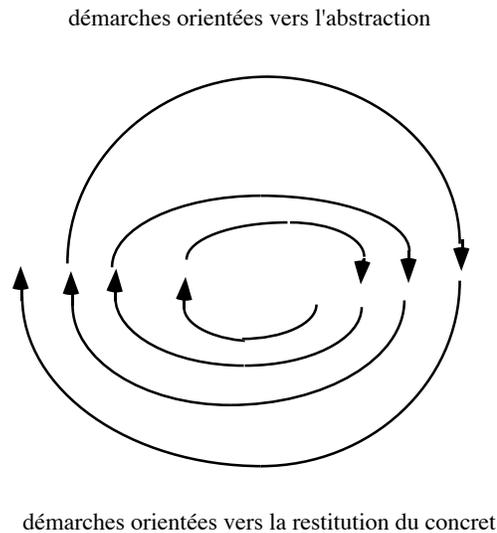


Figure 4. Abstraire et concrétiser

Les rapports entre les sciences et les techniques peuvent être insérés sans difficulté dans cette représentation. Les connaissances techniques ne sont pas uniquement concrètes et singulières mais comportent également une part généralisable qu'on peut insérer dans le quadrant situé en haut à droite dans la figure 1. Cette part généralisable est probablement ce qu'on enseigne dans les écoles et universités techniques¹⁷. Or, ces connaissances généralisables qui permettent la réussite se construisent en bonne partie par le travail sur les objets techniques et les procédés concrets qu'elles contribuent à constituer¹⁸. Elles se distinguent des connaissances visant la compréhension en ceci qu'elles sont des programmes d'action, des pistes à suivre pour bâtir tel ou tel objet compétent ou pour atteindre tel ou tel but. On pourrait penser que ces pistes à suivre forment des représentations semblables à la carte de la ville que j'évoquais plus tôt, et

learning about the world, not only in science. The study of form and the study of content go hand in hand ».

¹⁷ Nelson (1990, p. 199) : « *My next topic is the role of universities [...] I stress the role of the applied sciences and engineering disciplines as public repositories of generic technological knowledge, and of university research in these fields ».*

¹⁸ Nelson (1990, p. 196) : « *in almost all technologies a sizeable share of generic knowledge stems from operating and design experience with products and machines and their components, and analytic generalizations reflecting on these. This understanding may have only limited grounding in any fundamental science, standing, as it were, largely on its own bottom ».*

qu'elles relèvent de la compréhension au sens où je l'ai définie ici. En réalité, il y a presque toujours une asymétrie fondamentale entre les possibles qui mènent à la réussite d'un but et les possibles qui mènent à un échec. Pour cette raison, les programmes d'action abstraits et généraux n'ont pas obligatoirement beaucoup à nous apprendre sur l'ensemble des possibles qui ne mènent pas à la réussite d'une tâche. Les sciences ne souffrent habituellement pas de cette limitation parce qu'elles couvrent en principe l'ensemble des possibles¹⁹.

Les rapports d'interdépendance entre la compréhension et la réussite se retrouvent dans une bonne part des rapports entre les sciences et les techniques. Comme la réussite peut devancer la compréhension, les connaissances techniques ont depuis longtemps constitué une matière première importante pour les sciences. Elles leur ont fourni des phénomènes à étudier et à expliquer, des problèmes à résoudre qui ont permis d'étendre grandement l'espace des possibles couvert par la science²⁰. Depuis la fin du XIX^e siècle, les sciences enrichissent en retour les techniques. Avant cette époque, toute technique s'appuyait bel et bien sur un fond de compréhension du monde, mais cette compréhension relevait surtout du sens commun. Lorsque le développement technique a dépassé la frontière de ce qui est facilement observable à l'œil nu, le sens commun n'a plus été d'un grand secours pour guider la construction des objets techniques. Le perfectionnement des techniques depuis la fin du XIX^e siècle repose en bonne partie sur la manipulation d'objets absents du sens

¹⁹ À vouloir rendre la science « utile », on risque de limiter l'exploration des possibles à des zones qui sont actuellement connues pour mener à des réussites. On réduirait du même coup la possibilité de faire des sauts en dehors des zones à succès connues vers des zones à succès encore insoupçonnées.

²⁰ Rosenberg (1982, p. 144) : « *it is to be expected that workable technological knowledge is likely to be attained before the deeper level of scientific understanding. At least this is so if sufficiently powerful economic incentives are at work. As a result, technology has served as an enormous repository of empirical knowledge to be scrutinized and evaluated by the scientist. It is far from unusual for engineers in many industries to solve problems for which there is no scientific explanation, and for the engineering solution to generate the subsequent scientific research that eventually provides the explanation. This sequence has, of course, been less common in industries founded on scientific research—for example, those based on electricity. But even here, practical experience with the new technology often precedes scientific knowledge—by providing the unexpected observation or experience that gives rise to fundamental research* ».

commun de l'époque : les flux d'électrons, les champs électromagnétiques, les atomes, les molécules, les gènes, les cellules, les micro-organismes, pour citer quelques exemples. Ce sont les sciences qui ont fourni un nouveau cadre général de compréhension aux techniques²¹. Dans les écoles d'ingénieurs, on enseigne pour cette raison la physique, les mathématiques et la chimie. Sauf dans certains domaines de pointe, ce ne sont pas les dernières recherches scientifiques de l'heure qui sont les plus utiles au développement technique, mais le cadre général de compréhension scientifique qui remonte souvent à un demi-siècle ou plus²². Il semblerait donc qu'il faille un minimum de « compréhension » pour réussir.

1.6 Conclusion

Ce chapitre me semble déboucher sur une question fondamentale : est-ce qu'un ensemble d'individus en interaction a besoin de comprendre une tâche pour la réussir ? A-t-il besoin de comprendre les rapports entre le procédé collectif qu'il utilise et la tâche qu'il réussit ? Un ensemble d'individus en interaction peut-il « comprendre » ce que ne comprend aucun des individus qui

²¹ Rosenberg et Birdzell (1986, p. 251-252) : « *So long as industrial technology was focused on the visible world of the mechanical arts, where lines of cause and effect were matters of direct observation, advances in technology originated almost entirely with artisans who were surely more imaginative, ingenious, and persistent than most of their contemporaries, but who were in no sense learned scientists [...] About 1875, the frontier of Western industrial technology began to move from the visible world of levers, gears, cams, shafts, pulleys, and cranks to the invisible world of atoms, molecules, electron flows, electromagnetic waves, inductance, capacitance, magnetism, amperes, volts, bacteria, viruses, and genes. The consequence was to change the main source of advances in Western industrial technology. The new sources were the interaction between work done by basic scientists, functioning in what amounted to an autonomous sector of their own, pursuing knowledge for its own sake, and funded by grants and subsidies not directly linked to economic values, on the one hand, and work done by industrial scientists, functioning in the economic sector, and funded on the basis of the economic value of their work, on the other* ».

²² Rosenberg (1994, p. 142) : « *where scientific findings have indeed profoundly influenced technological activities, these findings need not be derived from recent research at the scientific frontier. Indeed, many points of contention over the economic importance of science really derive from the fact that the science that was essential to some technological breakthrough was simply "old" science. Often this science was so old that it was no longer considered by some to be science [...] The body of knowledge that is called "science" consists of an immense pool to which small annual increments are made at the "frontier"* ».

le constituant ? Si l'on faisait de la compréhension, au sens entendu ici, une condition nécessaire de la réussite, le monde du vivant dans son entier ne deviendrait-il pas incompréhensible ? La quantité de tâches que les organismes vivants accomplissent avec succès est phénoménale. Doit-on et peut-on leur attribuer une capacité à comprendre, au sens d'une maîtrise de l'espace de problème par lequel on peut représenter leur tâche ? Il me semble que les discussions du présent chapitre nous laissent incapables de répondre à ces questions, aussi vais-je les reprendre sur de nouvelles bases dans les prochains chapitres. Dans le chapitre suivant, je défendrai l'idée que comprendre la réussite, c'est comprendre les systèmes finalisés dotés de compétences.

Chapitre 2

Comprendre les systèmes compétents

2.1 Introduction

Un ensemble d'individus en interaction peut-il accomplir une tâche qu'aucun d'entre eux ne connaît ? Un ensemble de fourmis en interaction peut-il accomplir une tâche qu'aucune de ces fourmis ne connaît ? Un ensemble de neurones en interaction peut-il accomplir une tâche qu'aucun de ces neurones ne connaît ? Un ensemble de cellules en interaction peut-il accomplir une tâche qu'aucune de ces cellules ne connaît ? Un ensemble de molécules en interaction peut-il accomplir une tâche qu'aucune de ces molécules ne connaît ? Cette série de questions soulève le problème de la nature de la capacité à réussir une tâche et celui de la nature de la connaissance. Comment un ensemble de molécules en interaction peut-il écrire, lire et comprendre le texte que j'écris ? Comment un ensemble de molécules en interaction peut-il connaître, comprendre, être intelligent, avoir des projets ? Ne faudrait-il pas pouvoir répondre à ces questions avant d'affirmer, avec le sens commun, que « seuls des individus ont des buts, des connaissances et de l'intelligence » ?

Le problème de l'intelligence collective décentralisée ne peut être étudié systématiquement sans une théorie de la compétence et de la connaissance décentrée, c'est-à-dire qui cesse de voir arbitrairement dans l'individu humain une singularité, l'unique centre de toute intelligence et de toute signification dans l'univers. C'est donc à un effort de décentration que je convie le lecteur dans ce chapitre. Prenons du recul et de la perspective par rapport au problème plus immédiat qui nous préoccupe. Celui qui prend ce recul voit émerger un champ d'étude fascinant au croisement des sciences de l'humain, des sciences

du vivant et des sciences des machines. On pourrait appeler ce champ la science des objets dotés de compétences, ou science générale de la compétence.

2.2 La science de l'artificiel

En suivant Herbert Simon²³, on pourrait aussi appeler « science de l'artificiel » le champ d'étude que je vais maintenant présenter. Il s'agit de la science de l'analyse et de la conception des systèmes finalisés et plus particulièrement des systèmes adaptatifs. Le terme « artificiel » crée une certaine ambiguïté qu'il est instructif d'examiner. Dans un premier temps, Simon ne nous indique pas clairement s'il entend inclure dans la catégorie des systèmes artificiels autre chose que les produits de l'intelligence humaine. Dans le premier chapitre de *The Sciences of the Artificial*, il associe artificialité et production humaine : « *Artificial things are synthesized (though not always or usually with full forethought) by man*²⁴ ». Or, il affirme lui-même que les êtres vivants s'étudient de la même façon que les artefacts humains :

*Notice that this way of viewing artifacts applies equally well to many things that are not man-made—to all things in fact that can be regarded as adapted to some situation; and in particular it applies to the living systems that have evolved through the forces of organic evolution*²⁵.

Simon construit d'ailleurs autour de la biologie sa présentation de l'analyse et de la synthèse fonctionnelles propres à la science de l'artificiel. La biologie serait l'exemple type d'une science de l'artificiel ! Elle nous guidera nous aussi dans ce chapitre et dans notre quête de compréhension des phénomènes d'intelligence. Dans un texte datant de 1981, Simon est plus explicite :

²³ Dans *The Sciences of the Artificial*, un livre que Simon a mis à jour et augmenté à deux reprises depuis la première parution en 1969, soit en 1981 et en 1996.

²⁴ Simon (1996), p. 5.

²⁵ Simon (1996), p. 6.

« *Systems that are adaptive may equally well be described as “artificial,” for as environments change, they must change too, as though they were deliberately designed to fit those environments*²⁶ ». Tel que je le définirai ici, le champ d'étude des systèmes compétents couvre aussi bien les systèmes vivants que les artefacts et les systèmes sociaux. C'est dans ce champ d'étude qu'il faut situer le problème de l'intelligence collective décentralisée. La biologie est l'un des contributeurs importants à la science de l'artificiel, aussi débiterai-je avec elle la présentation de mon champ d'étude. Il faut bien comprendre ce choix : je cherche ce que les vivants et les machines ont en commun, et comment le théoriser. Je me lance sur la même piste que le biologiste Richard Dawkins dans *L'horloger aveugle* :

Nous essayions de mettre le doigt sur ce que les humains, les taupes, les vers de terre, les avions et les montres ont en commun les uns avec les autres, mais pas avec la gelée, le mont Blanc ou la lune. La réponse à laquelle nous sommes arrivés est que les choses complexes ont une certaine qualité, qui se fixe à l'avance [s'analyse *a priori*], et qui a extrêmement peu de chances d'avoir été acquise par le seul fait du hasard. Dans le cas des objets vivants [Dawkins accorde le statut d'« objets vivants honoraires » aux machines artificielles ; juste retour des choses par rapport à Simon qui traite les objets vivants comme des artefacts] la qualité fixée à l'avance est, dans un certain sens, la compétence ; soit la compétence dans une aptitude particulière, le vol, par exemple [...] soit la compétence dans un domaine plus général, comme la capacité à repousser la mort, ou la capacité à propager des gènes aux fins de reproduction²⁷.

Ce passage met en valeur une notion que je voudrais mettre au centre d'une perspective sociocognitiviste, celle de compétence. C'est bien une

²⁶ Simon (1981), p. 15.

²⁷ Dawkins (1986/1989), p. 25.

méthode pour l'étude et la conception des compétences que Simon tente d'abstraire dans *The Sciences of the Artificial*. L'étude des compétences lie le génie, la biologie et, comme nous le verrons dans le prochain chapitre, les sciences de la cognition. Dawkins décrit ainsi la démarche qui le guide dans son étude sur l'ingénierie des compétences des chauves-souris :

A chaque étape de mon explication, je commencerai par soulever un problème auquel doit faire face la machine vivante, puis j'envisagerai les solutions possibles qu'un ingénieur intelligent pourrait envisager ; j'arriverai finalement à la solution que la nature a adoptée dans le monde réel ²⁸.

Il n'y a pas simplement ressemblance entre l'étude des êtres vivants et l'étude des machines, il y a identité, du moins en ce qui a trait à l'étude de leurs compétences. On peut considérer aussi bien les objets vivants comme des machines que les machines comme des objets vivants. Dennett affirme pour sa part que

Biology is not just like engineering; it is engineering. It is the study of functional mechanisms, their design, construction, and operation. From this vantage point, we can explain the gradual birth of function, and the concomitant birth of meaning or intentionality ²⁹.

Dans les années 1970, Marvin Minsky avait défendu une proposition similaire pour la psychologie : « *psychology could turn out to be like engineering* ³⁰ ».

²⁸ Dawkins (1986/1989), p. 37. Dans *Climbing Mount Improbable*, Dawkins écrit : « A good way to order our understanding of any living creature is to imagine, fancifully and with more than poetic licence, that it (or, if you prefer, a hypothetical 'designer' of the creature) faces a chain of problems or tasks. First we pose the initial problem, then we think of possible solutions that might make sense. Then we look at what creature actually do. That often leads us to notice a new problem facing animals of this kind, and the chain continues ». Voir Dawkins (1996), p. 38.

²⁹ Dennett (1995), p. 228.

³⁰ Cité par Dennett (1995), p. 387.

Popper propose quant à lui d'interpréter les formes et les conduites des objets vivants comme des tentatives de solution avancées pour résoudre les problèmes que ces objets vivants rencontrent³¹. C'est dans cette science de l'artificiel, cette science des systèmes compétents en pleine construction que je situe la perspective sociocognitiviste et l'étude de l'intelligence collective décentralisée.

2.3 Les deux composantes de toute compétence : finalité et connaissance

Penchons-nous sur cette idée de compétence dans le champ de l'étude des systèmes artificiels. Laissons-nous guider encore un moment par les biologistes. Selon Lorenz, deux concepts caractérisent en propre l'étude des êtres vivants, soit la finalité ou téléonomie³² et la connaissance :

le biologiste est contraint de définir deux concepts totalement étrangers aussi bien au physicien qu'au chimiste. Le premier de ces deux concepts est le principe de finalité pour la conservation de l'espèce ou téléonomie [...] Le second concept auquel nous conduit notre analyse du processus d'adaptation est celui de connaissance³³.

³¹ Dans *Of Clouds and Clocks*, Popper écrit : « *All organisms are constantly, day and night, engaged in problem-solving; and so are all those evolutionary sequences of organisms [...] These problems are problems in an objective sense: they can be, hypothetically, reconstructed by hindsight, as it were* ». (reproduit dans *Objective Knowledge*, p. 242-243).

³² Ayala (1970) a défendu l'usage du terme « teleology » face à la popularité montante à l'époque du terme « teleonomy ». La liste des auteurs ayant adopté l'usage des termes « téléonomie » et « téléonomique » est assez impressionnante. En plus de Lorenz et Monod, on trouve : C.S. Pittendrigh, « *Adaptation, Natural Selection and Behavior* », dans A. Roe et G.G. Simpson, *Behavior and Evolution*, Yale University Press, New Haven, 1958 ; E. Mayr, « *Cause and Effect in Biology* » dans D. Lerner (dir.) *Cause and Effect*, The Free Press, New York, 1965 ; G.G. Simpson, *This View of Life*, Harcourt, Brace and World, New York, 1964 ; G.C. Williams, *Adaptation and Natural Selection*, Princeton University Press, Princeton, 1966. Dawkins (1982) présente son livre *The Extended Phenotype* comme « *an essay in teleonomy* » (p. 295), la « teleonomy » étant la science de l'adaptation, une science encore à construire (p. 81 et 294).

³³ Lorenz (1975/1977), p. 33-34.

Voyons d'abord le concept de finalité, qui recouvre ou implique ceux de fonction, de rationalité et de valeur. Débutons avec Jacques Monod, qui en est arrivé, comme Simon, Dawkins et bien d'autres, à établir un rapport de similitude entre les machines et les objets vivants. Monod et les autres biologistes « moléculaires » nous intéressent ici parce qu'ils représentent le courant mécaniste dans la biologie contemporaine. On ne les accusera donc pas à la légère de faire appel à des entités, forces ou principes occultes. L'un des éléments centraux de la caractérisation du vivant que nous propose Monod s'applique également aux artefacts, comme il le souligne dans ce passage :

Tout artefact est un produit de l'activité d'un être vivant qui exprime ainsi, et de façon particulièrement évidente, l'une des propriétés fondamentales qui caractérisent tous les êtres vivants sans exception : celle d'être des objets dotés d'un projet qu'à la fois ils représentent dans leurs structures et accomplissent par leurs performances. Plutôt que de refuser cette notion (ainsi que certains biologistes ont tenté de le faire), il est au contraire indispensable de la reconnaître comme essentielle à la définition même des êtres vivants. Nous dirons que ceux-ci se distinguent de toutes les autres structures de tous les systèmes présents dans l'univers, par cette propriété que nous appellerons la téléonomie. On remarquera cependant que cette condition, si elle est nécessaire à la définition des êtres vivants, n'est pas suffisante puisqu'elle ne propose pas de critères objectifs qui permettraient de distinguer les êtres vivants eux-mêmes des artefacts, produits de leur activité ³⁴.

Comme Lorenz, Monod met donc de l'avant l'idée de projet et de but comme caractère propre aux objets vivants, puis étend ces caractères aux artefacts. Soulignons la dernière phrase de cette citation de Monod : la finalité caractérise le vivant, mais ce caractère est insuffisant pour distinguer l'objet vivant de l'artefact, qui le possède également. Ne passons pas à côté de cet

³⁴ Monod (1970), p. 22.

important élément de remise en question des idées reçues. Il n'y a pas de critère évident pour distinguer l'artefact de l'objet vivant, et Simon étudie l'objet vivant comme un artefact alors que Dawkins accorde le statut d'objet vivant honoraire à la machine. Les discussions de ce chapitre et du suivant portent donc bien sur toute la famille d'objets que sont les systèmes artificiels ou compétents.

Lorenz et Monod ne sont pas seuls dans le bateau. La même année que paraissait *Le hasard et la nécessité*, un collaborateur de longue date de Monod, François Jacob, mettait également de l'avant cette idée : « L'être vivant représente bien l'exécution d'un dessein, mais qu'aucune intelligence n'a conçu. Il tend vers un but, mais qu'aucune volonté n'a choisi³⁵ ». Plus récemment, Dawkins plaçait toujours l'idée de finalité au cœur de la description de ce que sont les êtres vivants : « La biologie est l'étude d'objets complexes qui donnent l'apparence d'avoir été conçus dans un but précis³⁶ ». Simon, pour sa part, fait de la science de l'artificiel tantôt la science des systèmes adaptatifs, tantôt la science des systèmes finalisés³⁷. Simon soutient que la prise en compte des « buts » est centrale dans l'étude des artefacts, et donc des objets vivants

³⁵ Jacob (1970), p. 10.

³⁶ Dawkins (1986/1989), p. 15. Pour avoir un bon aperçu des discussions des 40 dernières années sur l'idée de finalité en biologie, on peut consulter Allen, Bekoff et Lauder (dir.) (1998). Voici un petit échantillon d'extraits tirés de ce recueil d'articles. Rudwick (1964, p. 108) : « *Machines can only be described for what they are by referring to the way in which their design enables them to function for their intended purpose. Such purposive language cannot be avoided for some purely physical description of the machine, and no engineer would be so foolish as to attempt to avoid it. Organisms, when considered in their aspect as living machinery, must be similarly described: purposive language is unavoidable* ». Cummins (1975/1984, p. 179) : « *the function of an organ or process (or whatever) is appealed to in order to explain the biological capacities of the organism containing it, and from these capacities conclusions are drawn concerning the chances of survival for organisms of that type* ». Kitcher (1993, p. 480) : « *the central common feature of usage of function—across the history of inquiry, and across contexts involving both organic and inorganic entities—is that the function of S is what S is designed to do; design is not always to be understood in terms of background intentions, however; one of Darwin's important discoveries is that we can think of design without a designer* ».

³⁷ Simon (1996, p. 7) « *The engineer, and more generally the designer, is concerned with how things ought to be—how they ought to be in order to attain goals, and to function. Hence a science of the artificial will be closely akin to a science of engineering* ».

puisqu'ils s'étudient de la même façon que les artefacts³⁸. Réussir, c'est atteindre un but. Je soutiendrai qu'une compétence est cette capacité à atteindre un but dans un environnement donné. Je reviendrai dans un instant sur cette idée de but. Auparavant, je voudrais présenter brièvement ce que je considère être l'autre composante nécessaire à toute compétence, soit la connaissance ou représentation.

Simon écrit bien « *capable of attaining the goals in some range of environments* ». Pour que la réussite soit possible, il faut que l'action soit ajustée au milieu, qu'elle lui soit adaptée, qu'elle anticipe ses propriétés. D'où cette identité que Simon voit entre systèmes finalisés et systèmes adaptatifs³⁹. À quoi renvoie cette idée d'un ajustement au milieu ? Selon Lorenz, « le mot “ adapter ” suppose déjà implicitement l'établissement d'une correspondance entre le sujet qui s'adapte et la réalité à laquelle il s'adapte⁴⁰ ». Un processus d'adaptation est un processus de construction de connaissance. Selon Lorenz, le

processus phylogénétique est un processus de connaissance ; en effet, toute « adaptation à » une certaine donnée de la réalité extérieure révèle qu'une certaine quantité « d'information sur » cette réalité a été assimilée par le système organique. Même dans l'évolution de la morphologie, dans la morphogenèse, se constituent des images du monde extérieur : la forme des nageoires et le tracé des mouvements du poisson ne sont que le reflet des propriétés dynamiques de l'eau [...] De la même manière, dans la mesure où le comportement de l'homme tout comme celui de l'animal est adapté à son environnement, il en donne une image⁴¹.

³⁸ Simon (1996, p. 10-11) : « *Central to their description are the goals that link the inner to the outer system. The inner system is an organization of natural phenomena capable of attaining the goals in some range of environments* ».

³⁹ Simon (1996). Il faudrait peut-être distinguer les systèmes adaptés des systèmes adaptatifs, mais il n'y a pas de différence fondamentale entre les uns et les autres : ils appartiennent à la même famille d'objets, celle que j'étudie dans ce chapitre et dans le suivant.

⁴⁰ Lorenz (1973/1975), p. 34.

⁴¹ Lorenz (1973/1975), p. 11-12.

Il n'y a pas de compétence sans un accord avec le milieu dans lequel l'action doit prendre place. C'est cet accord que j'appellerai « représentation », et qu'on peut aussi qualifier de « connaissance », d'« image », de « modèle » ou même de « théorie ». Les objets vivants sont des théories en action, des programmes d'action qui mettent en œuvre des théories anticipatives que personne n'a formulées mais permettant de réussir les tâches associées à un milieu donné⁴². Ma proposition est, vous l'aurez compris, qu'il faut comprendre les systèmes sociaux compétents de la même façon.

Par cet usage du terme « représentation », et sur la nature du phénomène que celui-ci recouvre, je me place dans la même perspective que le philosophe Daniel Dennett dans son livre *The Intentional Stance*, en particulier lorsqu'il défend l'idée que tous les systèmes vivants et tous les artefacts présentent cette même propriété, mais à des degrés divers :

There is a familiar way of alluding to this tight relationship that can exist between the organization of a system and its environment: you say that the organism continuously mirrors the environment, or that there is a representation of the environment in—or implicit in—the organization of the system [...] What makes some internal feature of a thing a representation could only be its role in regulating the behavior of an intentional system. Now the reason for stressing our kinship with the thermostat should be clear. There is no magic moment in the transition from a simple thermostat to a system that really has an internal representation of the world around it. The thermostat has a

⁴² Karl Popper a exprimé cette idée avec beaucoup d'insistance. Voir *La quête inachevée* (p. 187) : « les structures organiques ont à la fois la caractéristique d'incorporer des théories et l'aptitude à résoudre des problèmes » ; Voir également Popper (1972), p. 71 : « *at every stage of the evolution of life and of the development of an organism, we have to assume the existence of some knowledge in the form of dispositions and expectations* » ; Voir finalement Popper, Lorenz *et al.*, *L'avenir est ouvert*, (p. 109) : « nos organes sont des théories [...] À l'intérieur de nos organes, nous nous représentons par anticipation certaines parties du monde et nous prenons un risque ».

*minimally demanding representation of the world, fancier thermostats have more demanding representations of the world, fancier robots for helping around the house would have still more demanding representations of the world. Finally you reach us*⁴³.

Une telle position ne laisse pas de place au réalisme épistémologique. Une représentation n'est pas autre chose qu'un modèle réglant les interactions adaptatives d'un agent avec son milieu. Elle n'est jamais l'image indépendante de tout point de vue que pourrait se faire du monde un sujet. Elle se comprend dans la perspective de Piaget : « [...] les connaissances ne constituent pas une copie du milieu mais un système d'interactions réelles qui reflètent l'organisation autorégulatrice de la vie autant que les choses elles-mêmes⁴⁴ ». C'est vrai de la représentation de son milieu dont dispose une bactérie, comme ce l'est des « connaissances » humaines. De même, par « modèle », il ne faudrait pas comprendre ici quelque chose de plus fort que la définition qu'en donne Marvin Minsky : « *To an observer B, an object A* is a model of an object A to the extent that B can use A* to answer question that interest him about A*⁴⁵ ». Finalement, rappelons pour éviter tout malentendu que, pour Lorenz, le « reflet » du monde qui caractérise un système « adapté » est d'un genre particulier : « L'image qui se forme au sein de l'organisme vivant, image d'une donnée du monde extérieur, est en quelque sorte un négatif de la réalité comparable au moule de plâtre d'une monnaie⁴⁶ ». La forme du moule de plâtre est fonction des interactions entre le plâtre et l'objet, et dépend donc des propriétés de l'un et de l'autre.

Je me dois ici de faire une précision. Mon usage (et celui de Dennett dans l'extrait cité) du mot « représentation » n'est pas le seul. On aura une idée du sens plus habituel que le mot représentation prend en intelligence artificielle en

⁴³ Dennett (1987), p. 31-32.

⁴⁴ Piaget (1967), p. 50.

⁴⁵ Minsky (1968), p. 426. Voir également Minsky (1986/1988), p. 586.

⁴⁶ Lorenz (1973/1975), p. 35.

lisant la définition qu'en donne Patrick Winston dans son manuel d'intelligence artificielle :

Une représentation est constituée d'un ensemble de conventions syntaxiques et sémantiques rendant possible la description d'objets. La syntaxe d'une représentation spécifie les symboles qui peuvent être utilisés et les façons dont ces symboles peuvent être assemblés. La sémantique d'une représentation spécifie comment le sens se trouve intégré aux symboles et dans les arrangements de symboles qui sont autorisés par la syntaxe. Les langages de programmation, par exemple, sont des représentations de procédures⁴⁷.

Comme Dennett, j'utilise le mot représentation pour signifier un contenu, alors que dans cette citation, Winston discute de la représentation comme si elle était d'abord un support pour le contenu. Newell présente, pour sa part, une conception de la représentation qui en fait une propriété interne de l'agent : « *This is the essence of representation—to be able to go from something to something else by a different path when the originals are not available*⁴⁸ ». Dans cette conception, l'agent mobilise un système représentationnel s'il est capable de construire et d'utiliser un modèle interne. Pour ma part, je me place du point de vue de l'interprète. De ce point de vue, l'agent est lui-même un modèle du milieu, parce que l'interprète peut toujours utiliser l'agent pour répondre à des questions sur le milieu, et sur le constructeur de l'agent (mais cela est possible à cause du caractère finalisé de l'agent et de son constructeur plutôt qu'en vertu de leur nature représentationnelle : les fins ultimes que poursuit l'agent sont celles que son constructeur lui a implantées dans la poursuite de ses propres fins). En fait, l'agent est un modèle du milieu pour son constructeur : le thermostat représente entre autres la température de la pièce pour son constructeur. Il est également un modèle du milieu pour l'interprète, mais dans

⁴⁷ Winston (1984/1988), p. 250.

⁴⁸ Newell (1990), p. 59.

la seule mesure où celui-ci arrive à retrouver les raisons fonctionnelles derrière l'organisation causale de l'appareil⁴⁹.

2.4 Quelques objections aux concepts de téléonomie et de représentation

Selon ce que j'ai soutenu dans la section précédente, il semble qu'une compétence suppose au minimum un but et une représentation des propriétés du milieu qui permette d'utiliser celles-ci pour atteindre ce but. Les idées de compétence, de but et de représentation sont au fondement de cette science des systèmes compétents à la lumière de laquelle je me propose d'examiner la capacité collective à réussir quelque chose. On m'objectera bien sûr que les catégories de compétence, de but et de représentation sont lourdement anthropomorphiques, et qu'elles ne peuvent donc être adéquates pour jouer le rôle de catégories générales que je veux leur faire jouer. Ne vais-je pas, en effet, les appliquer à tort et à travers à des collectivités humaines, et tomber bêtement dans un animisme rétrograde ? C'est là-dessus que se joue la partie, en fait. La principale raison d'être de ce chapitre est de « désanthropomorphiser » ces notions en apparence si exclusivement humaines. J'ai choisi mes références en biologie expressément pour montrer que ces catégories s'appliquent plutôt à un vaste ensemble de phénomènes, celui des systèmes compétents. On objectera à cette mobilisation de la biologie que tous les biologistes ne sont pas convaincus que le recours à ce type de concept soit « scientifique », ou même seulement légitime. Parmi ces sceptiques, les théoriciens de l'auto-organisation sont peut-être les plus intéressants à considérer ici. Je pense en particulier à Atlan et à Varela. Ils sont les représentants les plus purs du mécanisme contemporain aux prises avec les phénomènes organisationnels propres au monde vivant.

⁴⁹ On pourrait m'objecter à ce sujet qu'un tel agent est « porteur d'aspects » du milieu plutôt que modèle du milieu. Selon les définitions que j'ai données précédemment, les deux formulations sont strictement équivalentes parce qu'il n'y a pas de seuil à partir duquel il serait possible de dire qu'un objet n'est plus seulement porteur d'aspects d'un autre objet sous une certaine interprétation mais bel et bien un modèle de cet objet. C'est le sens de la citation de Dennett

Voyons donc dans un premier temps ce qu'ils ont à objecter à l'usage du cadre finaliste ou téléonomique, et puis attardons-nous ensuite aux objections que Varela oppose au représentationnisme en biologie et dans les sciences de la cognition. Une fois ces objections levées, la voie sera presque libre.

Tout comme les promoteurs de la biologie moléculaire, nos auteurs poursuivent l'idéal d'une explication mécaniste des objets vivants, et se trouvent en fait dans la continuité de cet effort de conceptualisation en biologie qui s'inspire de la cybernétique et qui vise à mettre au jour les phénomènes physico-chimiques propres aux processus biologiques. Ils tentent de pousser plus loin cette explication physico-chimique, et pourchassent ce qui leur apparaît comme des relents de finalité « intentionnelle » dans l'explication causale des objets vivants⁵⁰. Atlan fait un réexamen critique des notions de téléonomie et de programme génétique telles qu'elles apparaissent chez Monod⁵¹. Monod et la plupart des biologistes du moléculaire utilisent la notion de programme comme assise mécaniste du caractère finalisé des objets vivants :

D'où le changement de terminologie de la téléologie du finalisme ancien à la téléonomie d'aujourd'hui. En effet, cette finalité nouvelle ne vient pas, comme l'ancienne, sous la forme d'une présence mystérieuse et providentielle, en action dans la matière vivante pour la former et la diriger vers ses formes et réalisations futures. Elle vient

(1987, p. 32) que j'utilise : « *There is no magic moment in the transition from a simple thermostat to a system that really has an internal representation of the world* ».

⁵⁰ Atlan (1986, p. 104) écrit : « l'observation d'un comportement qui a une signification, en ce sens qu'il constitue l'accomplissement d'une fonction, tend à nous faire associer l'origine de cette signification à une finalité intentionnelle, celle qui détermine à l'avance l'objectif à atteindre par cette fonction, la tâche à réaliser par rapport à quoi un comportement sera adapté ou non, aura un sens ou sera absurde. Tout l'effort de la biologie moderne a consisté à séparer l'intentionnalité de la finalité — la téléologie de la téléonomie —, grâce à la métaphore du programme et aux théories de l'adaptation biologique reprises dans le cadre de l'évolutionnisme néo-darwinien, enfin aux modèles d'auto-organisation ».

⁵¹ Voir Atlan (1972).

sous la forme de la séquence des états par lesquels passe une machine organisée lorsqu'elle réalise un programme ⁵².

En examinant et en critiquant avec soin, donc, les idées de téléonomie et de programme, Atlan et les théoriciens de l'auto-organisation ne souhaitent pas réduire l'organisation du vivant à la physique ou à la chimie, mais appellent plutôt la constitution d'une véritable physique des systèmes organisés⁵³. Dans cette perspective, Atlan définit les êtres vivants comme des systèmes physiques auto-organiseurs dotés de mémoires : « L'origine de la vie ne constitue plus alors une rupture qualitative inexplicable ; la seule discontinuité réside dans l'adjonction de mémoires à des systèmes auto-organiseurs⁵⁴ ». Selon Atlan, cette « rupture qualitative inexplicable » est l'apparition du premier programme pouvant mettre en branle les projets constitutifs du vivant. Dans l'interprétation d'Atlan, il n'y a plus de « projets » propres au monde vivant et, en cela, il se place bien en contradiction avec la position que l'on trouve chez Monod, chez Jacob et chez Ayala⁵⁵. Chez Atlan, il n'y a que des processus détournés et perturbés de retour à l'équilibre thermodynamique⁵⁶.

Si Atlan critique vivement l'idée de projet, c'est que celle-ci lui semble encore colporter un relent de finalité « intentionnelle » qu'un biophysicien devrait éliminer pour rester conséquent avec sa description physico-chimique des êtres vivants :

⁵² Atlan, (1979), p. 22.

⁵³ Atlan (1979, p. 23-24) écrit : « *non pas une réduction du vivant au physico-chimique mais un élargissement de celui-ci* à une biophysique des systèmes organisés, applicable à la fois à des machines artificielles et naturelles. En particulier tous les travaux sur la logique de l'auto-organisation vont dans ce sens ».

⁵⁴ Atlan (1972), p. 283.

⁵⁵ Monod (1970), Jacob (1970), Ayala (1970).

⁵⁶ Atlan (1972, p. 283) écrit : « le projet en tant que tel disparaît complètement [...] il n'est de projet pas plus de reproduction que de croissance ou de développement. Le seul projet possible est celui qui traverse tout l'univers physique, le projet d'atteindre un état d'équilibre thermodynamique. Autrement dit, le seul projet reconnaissable en vérité dans les organismes vivants est la mort. Mais du fait de la complexité initiale de ces organismes, des perturbations

C'est ainsi que dans le mécanisme réductionniste classique, l'image de l'homme-machine qui semblait le comble du matérialisme est tournée sur ses arrières, si l'on peut dire, quand on réalise que les machines sont caractérisées par leur finalité qui est en fait celle de leur constructeur, le projet de celui qui les fabrique en vue d'accomplir une certaine tâche. Autrement dit, cette image n'est pas assez matérialiste et devrait être rejetée par un réductionniste physicochimiste conséquent. Elle contient encore trop d'éléments de téléologie, et la métaphore du programme génétique qui devait purger le matérialisme de ce défaut ne fait souvent que le renforcer, surtout quand elle est prise trop sérieusement, trop littéralement. La machine n'est pas la bonne image, même si l'on imagine que son programmeur soit la sélection naturelle. Le jeu d'interactions moléculaires, sans finalité surajoutée, même pas téléonomique, est la seule description physicochimique cohérente des systèmes vivants. La finalité, que ce soit sous la forme d'une fonction biologique et de sa signification, ou d'une intentionnalité même inconsciente, implique un effet de projection de la part de l'observateur, que justifie d'ailleurs un souci de commodité et de pertinence dans la description adéquate de ce qui est observé à certains niveaux⁵⁷.

Malgré cette critique du « projet » et de la machine comme métaphore du vivant, Atlan ne veut pas rejeter les catégories propres à la cybernétique ou à la biologie⁵⁸. Il semble simplement vouloir traquer et chasser la finalité qu'il qualifie d'« intentionnelle » des explications physico-chimiques où elle n'a pas

capables de les écarter de l'état d'équilibre ont comme conséquence l'apparition d'une complexité encore plus grande dans le processus lui-même de retour à l'équilibre ».

⁵⁷ Atlan (1986), p. 16-17.

⁵⁸ Un passage comme celui-ci, tiré d'Atlan (1986, p. 67) le montre bien : « la théorie biologique est autonome par rapport à la physique et à la chimie, en ce sens qu'il existe des idées spécifiques en biologie qui ne peuvent pas être conçues ou traduites en termes de physique et chimie (telles que sexualité, fonction, adaptation, espèces, évolution, etc.), même si, encore une fois, les processus biologiques ne sont envisagés comme rien d'autre que ces processus physicochimiques. »

sa place. Il va jusqu'à admettre l'utilité, sinon la nécessité, d'une projection de la finalité sur des phénomènes non humains pour les décrire adéquatement à certains niveaux⁵⁹. Mais ces projections de finalité demeurent problématiques et arbitraires, quoique commodes, selon Atlan. Elles débordent du cadre de la méthode scientifique⁶⁰. Aucun critère objectif ne nous permet de placer une barrière entre la bactérie, le chien et l'humain à partir de laquelle il deviendrait scientifiquement légitime d'effectuer des « projections animistes » de finalité :

ce qui nous fait placer la barrière là et pas ailleurs, attribuer intention et projets, et aussi souffrance et aussi possibilité de créer, à l'autre être humain et éventuellement à son chien, mais pas au brin d'herbe, ni à la bactérie, et pas, non plus à la machine, ni à l'automate, ce qui nous fait placer cette barrière donc là et pas ailleurs, n'est pas justifié par des considérations objectives et scientifiques, mais essentiellement par des considérations éthiques, qui nous concernent nous-mêmes, dans nos relations avec les autres hommes et la nature⁶¹.

Puisque cette barrière est arbitraire, et que son utilité est d'abord sociale en ceci qu'elle participe à la constitution des rapports que nous entretenons entre nous et vis-à-vis du monde, nous dit Atlan, aussi bien la placer « là où nous reconnaissons une forme humaine caractérisée par un corps et un langage⁶² ». La

⁵⁹ Un passage d'Atlan (1986, p. 108) nous montre cet auteur aux prises avec la difficile réconciliation du mécanisme et de l'utilité de l'explication fonctionnelle en biologie : « L'attitude conséquente d'un biologiste consisterait à appliquer au chien la même interprétation qu'au globule blanc et au spermatozoïde, et à refuser les explications par des « pour » et « en vue de ». Mais cela n'est pas très pratique dans la vie de tous les jours, car la description du comportement d'un chien, même si elle était possible, serait extrêmement compliquée : le moindre mouvement d'une patte fait appel à un nombre considérable d'événements élémentaires au niveau des cellules du système nerveux, des différents muscles impliqués dans le mouvement, etc. Et surtout, ce type d'explication semblerait toujours passer à côté de l'essentiel, à savoir, l'accomplissement d'une certaine fonction qui donne sa signification à l'ensemble des phénomènes élémentaires que nous observons dans un comportement intégré, un comportement qui semble, pour nous, avoir un sens. Autrement dit, l'intention se trouve dans la signification que nous donnons aux choses et cette signification est produite par l'observation des effets fonctionnels des choses ».

⁶⁰ Atlan (1986), p. 111.

⁶¹ Atlan (1986), p. 110.

⁶² Atlan (1986), p. 111.

science des systèmes compétents que j'essaie de défendre ici repose au contraire sur la conviction que la projection de finalité doit être intégrée au cœur même de la science. Je tenterai de montrer pourquoi et comment lorsque j'en aurai fini des objections apportées par les biologistes de l'auto-organisation à la téléonomie et à la représentation.

À y regarder de près, on se rend compte que les rebuffades que fait pour sa part Varela à bien des usages du cadre d'interprétation téléonomique⁶³ concernent en fait la confusion des niveaux d'explication. Dans les extraits de son livre que j'ai reproduits en bas de page, c'est l'introduction d'éléments téléonomiques dans l'explication causale qu'il dénonce. Les éléments téléonomiques sont, selon lui, trop facilement présentés comme des propriétés de même niveau que les propriétés causales. Ces éléments seraient utilisés pour combler les insuffisances de l'explication causale à l'intérieur même de celle-ci, alors qu'ils relèvent d'un autre niveau d'explication. Je ne peux qu'être d'accord avec cette analyse. La confusion du causal et du téléonomique est extrêmement répandue dans les discussions sur l'analyse fonctionnelle et la téléologie, avec une tendance à vouloir ramener ces dernières à l'explication causale pour leur

⁶³ Varela (1979). Par exemple : « *Teleology, teleonomy, and information are notions employed in discourse, pedagogical and explanatory, about living systems, and it is sometimes asserted that they are essential definitory features of their organization. Our present aims is to show that [...] these and other notions are unnecessary for the definition of the living organization, and that they belong to a descriptive domain distinct from and independent of the domain in which the living system's operations are described [...]* It is usually maintained that the most remarkable feature of living systems is a purposeful organization, or what is the same, the possession of an internal project or program represented and realized in and through their structural organization [...] This element of apparent purpose [...], which has been called teleonomy without implying any vitalistic connotations, is frequently considered as a necessary, if not as a sufficient, definitory feature for their characterization (e.g., Monod, 1970, Ayala, 1970). Purpose or aims, however, are not features of the organization of any machine (allo- or autopoietic); these notions belong to the domain of communicative descriptions, and when applied to a machine, or any system independent of us, they reflect our considering the machine or system in some encompassing context [...] this aim necessarily lies in that domain of the observer that defines the context and establishes the nexuses. Similarly, the notion of function arises in the description made by the observer of the components of a machine or system in reference to an encompassing entity, which may be the whole machine or part of it, and whose states constitute the goal that the changes in the components are to bring about [...] a functional description, when not dispensable, is symptomatic of the lack of a theory for the organization or structure of the system in which the subsystem, described in functional terms, occurs » (Varela, 1979, p. 63-64).

donner plus de légitimité scientifique aux yeux des auteurs de ces discussions. Comme Atlan, Varela soutient que la biologie moléculaire ne va pas encore assez loin dans son mécanicisme. C'est dans cet esprit qu'il faut comprendre les idées d'auto-organisation et d'autopoïèse, comme une tentative pour pousser encore plus loin la puissance explicative du cadre causal sans y introduire les « raccourcis » du cadre téléonomique.

2.5 Objections au représentationnisme

Voyons maintenant les objections faites à l'idée de représentation, corrélative à celle d'adaptation en biologie, comme nous l'avons vu précédemment. Selon Varela *et al.*, les idées d'adaptation et de représentation sont liées par l'idée d'optimalité : « le représentationnisme dans les sciences de la cognition est l'homologue précis de l'adaptationnisme dans la théorie de l'évolution, car l'optimalité joue le même rôle central dans chacun des deux domaines⁶⁴ ». Où est la difficulté ? La principale objection apportée à l'idée de l'évolution comme processus de connaissance est bien formulée par Varela *et al.* :

le problème central reste de savoir si les processus évolutifs peuvent être compris au moyen de l'idée représentationniste suivant laquelle il existe une correspondance entre l'organisme et l'environnement, correspondance établie par les contraintes optimisatrices de la survie et de la reproduction⁶⁵.

La réponse à la question que pose ce « problème central » semble négative aux yeux de Varela *et al.* : « Formulons clairement le cœur du problème : pour une régularité biologique observée, une explication en termes d'adéquation optimale ou de correspondance optimale avec des dimensions prédonnées de

⁶⁴ Varela *et al.* (1993), p. 262.

⁶⁵ Varela *et al.* (1993), p. 262.

l'environnement apparaît de moins en moins tenable⁶⁶ ». Et pourquoi donc ?
Parce que les

contraintes de la survie et de la reproduction sont bien trop faibles pour fournir une explication de la manière dont les structures se développent et se modifient. Par conséquent, il apparaît qu'aucun schème ramenant tout le débat à l'optimisation d'une valeur adaptative globale ne suffit pour expliquer les processus de l'évolution⁶⁷.

Examinons dès maintenant ces objections qui, soit dit en passant, semblent largement inspirées de l'œuvre médiatique et ultramédiatisée de Stephen Jay Gould, œuvre passablement malmenée par les confrères de la vedette, contrairement à l'impression que voudraient donner Varela *et al.* en laissant entendre qu'il s'agit là de la tendance générale en biologie de l'évolution⁶⁸. Dans la perspective de la science des systèmes compétents, le respect des « contraintes de la survie et de la reproduction » est une condition suffisante pour que soit créée de la connaissance, une représentation. Si ces contraintes sont respectées, c'est qu'un but est atteint, ce qui signifie qu'une adéquation a été établie entre l'être vivant et son milieu. C'est tout ce qu'exige une science des systèmes compétents. La représentation n'est pas liée à l'existence d'un processus d'optimisation, mais à l'action d'un processus d'adaptation. Évidemment, une représentation construite par un tel processus conserve une bonne part d'indétermination, elle est passible de plusieurs interprétations équivalentes (la clé peut convenir à un nombre indéterminé de serrures), mais cela ne constitue une difficulté que pour le réalisme épistémologique, auquel n'est pas logiquement lié le représentationnisme et la science des systèmes compétents. Varela *et al.* soutiennent que l'idée de représentation est

⁶⁶ Varela *et al.* (1993), p. 261.

⁶⁷ Varela *et al.* (1993), p. 262.

⁶⁸ Dennett (1995) fait une analyse saisissante du phénomène Gould, et conclut : « *Gould's self-styled revolutions, against adaptationism, gradualism, and extrapolationism, and for "radical contingency," all evaporate, their good points already firmly incorporated into the modern*

« objectiviste » parce qu'elle supposerait l'existence d'un monde indépendant du sujet. Voici ce que seraient les présupposés du représentationnisme : « (1) le monde est prédonné; (2) que notre cognition porte sur ce monde — ne serait-ce que partiellement —; et (3) que, pour prendre connaissances de ce monde, notre démarche consiste à représenter ses traits et à agir ensuite sur la base de ces représentations⁶⁹ ». S'il n'est pas un réalisme épistémologique car il ne suppose pas que nous ayons un accès direct et simple au monde, le représentationnisme de la science des systèmes compétents est par contre bel et bien un réalisme ontologique. Le réalisme ontologique est l'idée qu'il existe un monde connaissable indépendant du sujet tandis que l'idéalisme est l'idée que le monde est une invention du sujet⁷⁰ et « que l'idée proprement dite d'un monde indépendant de nos représentations n'est elle-même qu'une autre de nos représentations⁷¹ ». Dans la démarche qui se fonde sur le représentationnisme, on postule que le système vivant est adapté à un objet qui lui est extérieur, puis on tente de se représenter soi-même cet objet, et l'on essaie d'établir si sa propre représentation de l'objet permet de rendre compte de la forme et des conduites du système vivant. Si c'est le cas, on dira que celui-ci possède la propriété de représenter de cette façon cet objet.

synthesis, and their mistaken points dismissed » (p. 312). Parmi les critiques de Gould, on trouve les biologistes anglais Richard Dawkins et John Maynard Smith.

⁶⁹ Varela *et al.* (1993), p. 194.

⁷⁰ Dans *L'envers du miroir*, Lorenz (1973/1975, p. 22) écrit : « L'idéalisme, dans l'acceptation traditionnelle du terme, est une théorie selon laquelle le monde extérieur n'existerait pas en soi, indépendamment de toute conscience connaissante, mais uniquement en tant qu'objet de toute expérience possible ». Une telle conception n'est pas compatible avec la science des systèmes finalisés.

⁷¹ Varela *et al.* (1993) p. 196. Campbell (1974b) écrit : « *In descriptive epistemology (as Russell (1944), Quine (1969) and Shimony (1971) make clear) an ontology must go along with an epistemology. The nature of the world and the possibility of knowing it are intimately interdependent* » (p. 141). La position ontologique du représentationnisme est le complément nécessaire du « dualisme épistémologique » : « *By 'epistemological dualism', I refer to the conceptualization of beliefs ('knowledge') as distinct from the referents of the beliefs, so that fit, non-fit, degrees of fit, error and correction are conceivable. This is related to the biologist's duality of organism and environment, The 'critical realism' is a commitment to the reality of an external world, even though the beliefs about ('knowledge' of) that world are conceded to be imperfect* » Campbell (1974b, p. 141). Au représentationnisme, on peut associer le « réalisme métaphysique » de Popper (1972) et le « réalisme hypothétique » de Lorenz (1973/1975) et de Campbell (1959).

Le réalisme ontologique est une position dont la valeur instrumentale et heuristique se manifeste tous les jours dans le sens commun et dans la science. Varela *et al.* tendent pour leur part vers une position d'inspiration idéaliste, sous l'influence de la phénoménologie⁷². Varela *et al.* se défendent pourtant d'adopter une position qui ferait du soi le centre créateur du monde :

A ce stade, en effet, la plupart des gens vont probablement s'inquiéter et voir les spectres du solipsisme, du subjectivisme et de l'idéalisme se profiler à l'horizon. Nous savons pourtant déjà que nous ne pouvons rien trouver qui puisse servir de point d'ancrage à des perspectives aussi littéralement centrées sur le soi. Mais nous sommes peut-être encore plus attachés à l'idée que le monde possède un fondement fixe et ultime que nous ne le sommes à la notion d'un soi personnel⁷³.

S'ils prennent au sérieux les critiques que l'idéalisme fait au réalisme, Varela *et al.* tentent de surpasser ces deux positions et affirment que « le monde et le sujet percevant se déterminent l'un l'autre⁷⁴ ». La « voie moyenne » qu'ils proposent, l'« enaction », constitue en réalité un repli vers une position causaliste et matérialiste, qui évacue complètement l'idée de représentation au profit des mécanismes causaux propres à l'organisation matérielle de l'être vivant :

le point de départ de l'approche propre à l'enaction est l'étude de la manière dont le sujet percevant parvient à guider ses actions dans sa situation locale. Dans la mesure où ces situations locales se transforment constamment à la suite de l'activité même du sujet percevant, le point de référence nécessaire pour comprendre la perception n'est plus un monde prédonné, indépendant du sujet de la

⁷² Dès le début du chapitre 1, Varela *et al.* y vont d'une citation de Maurice Merleau-Ponty qui donne le ton : « Ce que nous avons dit plus haut du monde comme inséparable des vues sur le monde doit nous aider à comprendre la subjectivité comme inhérence au monde » (p. 28). Cette citation est tirée de *Phénoménologie de la perception*, Gallimard, 1945, p. 464.

⁷³ Varela *et al.* (1993), p. 187.

⁷⁴ Varela *et al.* (1993), p. 234.

perception, mais la structure sensori-motrice du sujet (la manière dont le système nerveux relie les surfaces sensorielles et motrices). C'est cette structure — la façon dont le sujet percevant est inscrit dans un corps —, plutôt qu'un monde préétabli, qui détermine comment le sujet peut agir et être modulé par les événements de l'environnement. La préoccupation globale d'une approche de la perception par l'enaction n'est donc pas de déterminer comment un monde indépendant du sujet de la perception doit être reconstitué; elle consiste plutôt à déterminer les principes communs ou les lois de liaison des systèmes sensoriel et moteur qui expliquent comment l'action peut-être perceptivement guidée dans un monde qui dépend du sujet de la perception⁷⁵.

Dans ce passage révélateur, Varela *et al.* dévoilent les présupposés de leur position. Ils placent d'abord leur sujet dans une situation « locale » qui se transforme constamment sous l'effet des actions du sujet de façon à pouvoir ensuite affirmer qu'un monde prédonné ne peut pas servir de point de référence pour comprendre les conduites de ce sujet. Si une situation est toujours changeante dans tous ses aspects, aucune abstraction, aucune connaissance sur elle, aucune représentation d'elle ne sont possibles⁷⁶. Qu'est-ce qui permet à nos auteurs de dire que la situation de leur sujet est toujours changeante et, donc, toujours locale, sinon un présupposé ontologique qui se trouve à faire du monde un inconnaissable ? Sans connaissance d'un monde indépendant du sujet, il n'y a pas de théorie de la compétence qui soit possible. En fait, il n'y a pas de

⁷⁵ Varela *et al.* (1993), p. 235.

⁷⁶ Quel que soit le niveau de concrétisation atteint, la connaissance a nécessairement un caractère abstrait. Popper (1988, p. 100) écrit : « toute connaissance, qu'elle soit intuitive ou discursive, est nécessairement celle d'aspects abstraits, [...] nous ne pouvons jamais saisir la structure « concrète » « de la réalité sociale elle-même » ». Dans son *Essai de logique opératoire*, Piaget (1972, p. 44) mène une discussion qui permet de comprendre pourquoi nous ne pouvons pas saisir un fait véritablement isolé au sens où il ne se rapporterait à aucun invariant abstrait, puisque nous ne pouvons classer ou mettre en relation un tel fait : « un fait individualisé est nécessairement ou bien une classe singulière résultant de l'intersection de plusieurs sous-classes ou bien un centre de relations constituant l'interférence de multiples couples ou de sériations plus complexes. Dans les deux cas, l'individualisation même du fait soi-disant atomique est le résultat soit d'un découpage à l'intérieur d'un certain nombre d'autres classes, soit d'une mise en relation à l'intérieur d'un système de rapports ».

compétence possible dans un tel monde. À tous les niveaux où elle se présente, la compétence repose sur des anticipations. Sans invariants, il n'y a pas de connaissances et donc pas d'anticipations qui soient possibles. Les présupposés ontologiques de la position adoptée par Varela *et al.* font face à de sérieux problèmes. Dans toutes les expériences et observations sur les objets vivants et autres systèmes compétents, on constate des anticipations et des compétences⁷⁷. Les nageoires du poisson anticipent constamment les propriétés invariantes de l'eau, les ailes des oiseaux et des insectes volants anticipent les propriétés invariantes de l'air, par exemple. Un autre problème est causé par les présupposés idéalistes de la position. Il faudrait, en effet, nous expliquer comment il se fait que les ailes des oiseaux, des chauves-souris et des insectes volants convergent vers une forme qui fait appel aux propriétés des surfaces portantes dans un fluide si les êtres vivants ne font pas face à un monde indépendant d'eux ? Toutes les convergences fonctionnelles dans le monde du vivant, et dans les systèmes compétents en général, deviennent incompréhensibles si chaque objet vivant vit dans un monde qui lui est propre.

Le représentationnisme et la perspective de l'enaction sont deux hypothèses sur le monde qui sans être démontrables ou réfutables peuvent nous causer plus ou moins de problèmes, être plus ou moins utiles dans la résolution de nos problèmes de compréhension du monde. La position du représentationnisme repose sur une hypothèse éprouvée, extrêmement utile pour comprendre le monde et, en particulier, comme j'entends le montrer dans ce chapitre, les systèmes compétents. On ne peut pas en dire autant de l'enaction, et des autres positions idéalistes desquelles elle s'inspire, qui ont toujours été à peu près stériles.

⁷⁷ Dans *Biologie et connaissance*, Piaget (1967, p. 274) écrit : « la fonction d'anticipation est l'une des plus générales de la vie organique comme des mécanismes cognitifs ». Dans *Le jeu des possibles*, Jacob (1981, p. 117) écrit : « L'une des fonctions les plus profondes, les plus générales des êtres vivants, c'est de regarder en avant, de « faire de l'avenir », disait Valéry. Il n'est pas un seul mouvement, pas une seule attitude qui n'implique un plus tard, un passage à l'instant suivant. Respirer, manger, marcher, c'est anticiper. Voir c'est prévoir. »

La position de Varela *et al.* repose sur une critique de l'adaptationnisme en biologie de l'évolution. Ils affirment que la sélection par le milieu est insuffisante pour expliquer les structures et conduites des objets vivants, d'où selon eux l'inadéquation de la perspective représentationniste. Est-ce que toutes les « régularités biologiques » relèvent de l'adaptation et de la représentation ? Bien sûr que non, et pas un biologiste « adaptationniste » ne soutiendrait qu'il y a une raison adaptative au fait que les éléphants aient plus de pattes que d'yeux ! Le nombre de pattes de l'éléphant se justifie par des raisons adaptatives de biomécanique et de stratégie alimentaire. Le nombre d'yeux se justifie par la valeur stratégique qu'offre la vision binoculaire. Le rapport nombre de pattes/nombre d'yeux est par contre contingent. Le postulat d'adaptation optimale ne constitue pas un dogme métaphysique, mais un outil heuristique et herméneutique de mise au jour des compétences des systèmes vivants et des caractéristiques du milieu dans lequel ceux-ci vivent. Il permet de se construire soi-même une représentation du milieu auquel le système est adapté en orientant la recherche vers la mise au jour des raisons adaptatives. Il est toujours légitime de se poser des questions sur les raisons adaptatives d'un caractère donné, questions essentielles à la mise au jour de toute compétence et de son contexte d'application : « *it is never a mistake to ask the adaptationist's "why" question, even when the true answer is that there is no reason*⁷⁸ ». Qu'il n'y ait finalement pas de « raisons » adaptatives est toujours une possibilité qu'il faut laisser ouverte, comme on peut le voir en pensant au rapport pattes/yeux. Cela n'empêche en rien que ces explications et le recours au processus de la sélection naturelle soient absolument nécessaires pour expliquer les compétences dont bénéficient les objets vivants⁷⁹.

⁷⁸ Dennett (1995), p. 276.

⁷⁹ « *natural selection could be the only true begetter of adaptations without having begot all characteristics; one can hold that all adaptive characteristics are the result of natural selection without holding that all characteristics are, indeed, adaptive* » (Cronin 1991, p. 86, cité par Dennett 1995, p. 277).

2.6 À la défense du cadre d'interprétation finaliste et représentationnel

Éliminons la possibilité toute simple que les jugements des biologistes de l'auto-organisation soient influencés par un préjugé matérialiste accordant une légitimité ontologique aux catégories de matière et d'espace-temps qui devrait être refusée à celles de la « subjectivité » : finalité, valeur, rationalité, anticipation et représentation. Même si à lire Varela *et al.* ce n'est pas évident, Varela semble conscient du piège et tente avec plus ou moins de succès de l'éviter :

*To say that teleonomic-symbolic explanations are not really necessary is to succumb to a prejudice of our historical tradition that it is time to revise, because in actual practice we cannot do without both operational [c'est-à-dire causales] and symbolic explanations. A preference for operational explanations seems to be rooted in the understanding that causes are "out there" and reflect a state of affairs independent of the describer. This is, by the very argument used here, untenable [...] ultimately, an operational description is no more and no less than a mode of agreement within an inquiring community, and in no way has an intrinsically superior status to a symbolic explanation*⁸⁰.

Malgré cette prise de position lucide, Varela n'en a pas moins continué, dans la suite de ses œuvres, à tenter de réduire les propriétés « subjectives » aux propriétés matérielles et causales. De son côté, Atlan, malgré toute la subtilité qu'il met lui aussi à éviter ce piège, n'en affirme pas moins noir sur blanc que le cadre téléonomique et représentationnel n'est qu'une projection de significations de notre part, sans jamais relever que le cadre d'interprétation matérialiste causal n'est, lui non plus, rien d'autre qu'un cadre d'interprétation

⁸⁰ Varela (1979), p. 77.

que nous projetons sur notre expérience⁸¹. Si la rationalité et la représentation sont des catégories que nous projetons sur le monde, il en est de même des catégories physico-chimiques. C'est cette asymétrie dans le traitement accordé à ces deux grands cadres d'interprétation que dénonce Cellérier dans les objections matérialistes qui sont faites au cadre d'interprétation « computationnel » :

matter and energy, etc. are positive formal operatory forms of initially anthropomorphic intuitive concepts like polysensory permanent objects, subjective feelings of intentional effort during action. The adult scientific, physical-chemical or space, time, matter, energy conceptual framework is an interpretation, a construct of the human mind that we attribute to physical reality i.e. in terms of which we construct our physical-chemical representations. Whether there are really ontological objects and forces an sich [en soi] when we are not looking, out there and deep-down within matter, beyond our technologically augmented sensory-motor interface with the physical world, is as open to question, and in exactly the same terms as whether there are really ontological subjects and symbols and computations deep down within this sensory-motor interface, or, to say it crudely, whether there are really symbols, meanings, consciousness within your heads? In my head, I believe I know about them, but in yours, down there within this opaque corporeal interface? And, the answer whichever one chooses, is open to exactly the same ontological objections as that about external realities. My point is: if we accept the semiotic extension of extero-spective sensory-motor concepts like permanent objects and forces to, say, gravitational interactions between permanent astronomical or sub-elementary entities that we cannot manipulate, then, for the same reasons, we must also accept the extension of the intero-spective concepts of symbols and computation

⁸¹ Voir Atlan (1986), p. 16-17, le passage déjà cité.

*to entities like other people, machines, organisms and organizations where we cannot “inspect” them. To summarise: if the computational framework interpreting subjective phenomena is only a metaphor, the physical-chemical one for interpreting objective phenomena is only a metaphor*⁸².

Le cadre « computationnel » que défend Cellérier dans cet extrait est l'une des formalisations opératoires du cadre d'interprétation subjectiviste, celle associée au cognitivisme et à l'intelligence artificielle. Je le présenterai dans le chapitre suivant. Pour l'instant, je me contenterai de dire qu'il consiste à étudier les compétences en modélisant leur mise en action sous la forme de « calculs ». Je ne crois pas que l'on doive faire l'affront à un penseur de la trempe d'Atlan de lui attribuer un tel préjugé métaphysique. La principale objection qu'il fait à l'utilisation du cadre d'interprétation subjectiviste est plutôt son côté purement intuitif qui nous laisse incapable de justifier les conditions précises de son application. Comment nous assurer que nous ne projetons pas des catégories qui ne valent que pour un certain niveau d'organisation sur d'autres niveaux où elles seraient illégitimes ? Quelles sont au juste ces catégories ? Comment raisonner systématiquement à partir d'elles ? Comment les coordonner aux catégories physico-chimiques des cadres matérialistes et causaux ? C'est l'une des principales contributions du cadre computationnel que de contribuer à lever cette objection. L'intelligence artificielle, en particulier, représente une formalisation du cadre « téléreprésentationnel »⁸³ qui, me semble-t-il, contribue à lever l'objection d'Atlan sur le caractère intuitif et indéterminé de la projection de finalité et de connaissances.

⁸² Cellérier (1982), p. 138.

⁸³ Je propose ce terme pour alléger la lourdeur de l'expression « téléonomique et représentationnel ». Il ne doit pas être confondu avec l'expression « téléosémantique » que les philosophes (voir Jacob, 1997, Proust, 1997) utilisent pour parler d'une théorie particulière suivant laquelle la signification prend sa source dans la téléonomie.

Selon Cellérier, l'intelligence artificielle abstraite fait sa marque en permettant de généraliser légitimement à toutes les formes d'organisation issues de l'évolution biologique, de la sociogenèse et de la technogenèse, le cadre d'interprétation téléonomique et représentationnel⁸⁴. Tous les organismes, toutes les organisations et toutes les machines y sont vus comme appartenant à la même famille d'objets de la connaissance, soit les systèmes artificiels⁸⁵, ou systèmes cybernétiques⁸⁶, ou « systèmes intentionnels⁸⁷ », ou encore systèmes « connaissants⁸⁸ ». Cette famille est apparue avec la vie, et avec elle sont introduites dans l'univers matériel les catégories de la subjectivité, ou pour reprendre un terme philosophique médiéval en son sens technique actuel, les catégories de l'intentionnalité⁸⁹. Un extrait tiré d'un texte de Cellérier présentera cette idée, qui est un début de réponse à l'objection d'Atlan sur l'arbitraire de la délimitation du domaine où les catégories de la subjectivité peuvent s'appliquer :

what Margaret Boden proposes is a demarcation criterion for the proper application of intentional concepts belonging to the computational framework, that is precisely a criterion for tracing the epistemological frontier [...] the frontier between cybernetic physical systems and "merely" physical ones⁹⁰. "Merely" means all systems are

⁸⁴ Cellérier (1982, 1984).

⁸⁵ Voir Simon (1981, 1996)

⁸⁶ Voir Cellérier (1976, 1982).

⁸⁷ Voir Dennett (1978, 1987).

⁸⁸ Les *knowledge-level systems* de Newell (1982, 1990).

⁸⁹ Dans l'usage du terme intentionnalité, je m'inspire surtout de Dennett. Celui-ci résume ainsi (1987, p. 240) le sens que prend le mot « intentionnalité » en philosophie analytique : « *Intentionality, in philosophical jargon, is-in a word- aboutness. Some of the things, states, and events in the world have the interesting property of being about other things, states, and events; figuratively, they point to other things. This arrow of reference or aboutness...* ». But et connaissance sont des catégories de l'intentionnalité, en ce sens. Je me place à la remorque de Dennett (1987, 1995, 1996) dans tous les débats sur la nature et l'origine de l'intentionnalité et de la signification, en philosophie analytique. Deux livres récents offrent un point de vue différent de celui de Dennett : Jacob (1997) et Proust (1997). Voir Dupuy (1994, p. 102-106) pour un commentaire sur la possible dérive de sens depuis Brentano dans l'usage du terme « intentionnalité ».

⁹⁰ Cellérier fait référence au livre de Margaret Boden, *Purposive Explanation in Psychology*, Harvard University Press, 1972. Dans ce livre, Boden utilise le critère du modèle de Minsky que j'ai présenté un peu plus tôt pour délimiter le domaine des explications intentionnelles.

*physical but some physical systems are not cybernetic ones. Not only do I agree with her criterion : I would like to extend its application, thereby extending the range of purposive explanations. From my point of view, the first machine to satisfy the criterion of internal models is the first genetic system on this planet. Before the origin of life, there were no symbolizations, no symbols, no symbol structures, no messages, no memories to contain them, no semiographic operations to conditionally read, re-write or re-describe symbol structures ; there were no evaluation functions to control, orient the flow of computation by subordinating it to values. What I am trying to make tangible is that all the intentional concepts I have mentioned : reproduction, adaptation, function, purpose, symbols and memory as their “container”, and also protoforms of meaning as potential adaptive activity encoded, emerge at the same time. In briefs, all the computational concepts emerge at the same time, with the first genetic system*⁹¹.

Dans cet extrait, Cellérier constate simplement que le critère du modèle interne, c'est-à-dire de la représentation, nous oblige à inclure tout le monde vivant dans la catégorie des systèmes cybernétiques ou artificiels. Atlan voyait une difficulté au fait qu'il n'y a apparemment pas de frontière à partir de laquelle il devient légitime d'utiliser le cadre d'interprétation finaliste et représentationnel. Si Atlan ne voit pas cette frontière, c'est qu'il la cherche à l'intérieur du monde vivant alors qu'elle délimite en fait celui-ci. Il n'y a donc pas une telle frontière entre le virus, le brin d'herbe, le chien et son maître, puisque cette frontière constitue la limite du monde vivant et artificiel par rapport au monde qui n'est que matériel. Pour établir précisément cette frontière où commencent à s'appliquer les catégories de l'intentionnalité, Cellérier ne s'en tient pas simplement à un jugement pragmatique sur le respect ou non du critère du modèle interne (arrive-t-on ou n'arrive-t-on pas à attribuer à tel système un

⁹¹ Cellérier (1982), p.142-143.

modèle interne ?). Il mobilise également le cadre computationnel : il est légitime de parler de représentations et de buts quand nous pouvons associer au système une machine abstraite de calculs sur des symboles.

Si l'on remonte la filière génétique, on trouve ces propriétés intentionnelles en action dès l'apparition des premières macromolécules autoréproductrices. On constate dans ces nanorobots moléculaires l'apparition d'une frontière entre un soi et un non-soi. On voit l'apparition de l'intérêt, de la fonction et des raisons. Les systèmes autoreproducteurs persistent en dépit du flux croissant d'entropie. Cette performance n'est possible que si des processus de décision élémentaires définissent une frontière à l'intérieur de laquelle peut prendre place le projet de réduction de l'entropie (puisqu'elle ne peut être endiguée que localement). Ce projet fondateur et cette frontière définissent un intérêt et des fonctions aux services de cet intérêt⁹². Selon que cet intérêt est servi ou non et qu'un processus de décision le relève, on a affaire à une valeur, à une évaluation fonctionnelle : si l'intérêt est servi, c'est bon (valeur positive), s'il est contrecarré, c'est mauvais (valeur négative), autrement, c'est neutre (valeur nulle). Cette valeur est la raison derrière les choix des processus élémentaires de décision. Le lecteur trouvera peut-être abusive l'application de ces catégories praxéologiques aux nanomachines moléculaires, mais qu'il comprenne bien l'idée que je défends ici : soit on les applique à toute la filière généalogique, y compris la filière technogénétique, soit on ne les applique pas du tout. C'est, il me semble, le sens des propos de Cellérier : les catégories de l'intentionnalité sont apparues d'un seul coup, dans le sens où elles sont toutes liées entre elles. S'il y en a une, il y a les autres aussi. La praxéologie est un élément fondamental du cadre d'interprétation au fondement des sciences de

⁹² Dennett (1991, p. 174) : « *As soon as something gets into the business of self-preservation, boundaries become important, for if you are setting out to preserve yourself, you don't want to squander effort trying to preserve the whole world: you draw the line. You become, in a word, selfish. This primordial form of selfishness (which, as a primordial form, lacks most of the flavors of our brand of selfishness) is one of the marks of life [...] "Me against the world" — this distinction between everything on the inside of a closed boundary and everything in the external world — is at the heart of all biological processes* ».

l'artificiel⁹³. Elle est la théorie qui fait de l'action une articulation des moyens et des fins, avec prise en compte des coûts et des gains (qualitatifs et quantitatifs). Elle concerne donc la norme de rationalité que l'interprète projette sur le monde vivant pour y lire les raisons des formes et des conduites. Elle concerne les significations d'utilité fonctionnelle (finalité et rendement) qu'on peut lire dans le monde vivant. Les catégories de la praxéologie sont fondamentales probablement parce qu'elles correspondent au principal problème de la vie, soit le combat contre l'entropie, la dégradation de l'énergie et de l'information. Ceci ne veut pas dire qu'il n'y a pas eu progression depuis l'apparition de nos ancêtres les premiers robots autoreproducteurs. Cela signifie simplement qu'il y a eu progrès à l'intérieur de ces catégories. Quoique la démonstration reste à faire, on peut penser qu'aucun agent non humain connu n'approche la profondeur, la variété et la mobilité dont font preuve les humains dans leurs représentations, leurs buts et leurs évaluations fonctionnelles.

2.7 Sur l'origine et la nature du cadre d'interprétation finaliste et représentationnel

L'étude de la compétence passe par ce que j'appelle le cadre d'interprétation téléreprésentationnel car sans référence à un but et à une connaissance, on ne voit pas ce que pourrait signifier l'idée de réussite, de capacité à réussir et donc de compétence. Approfondissons notre compréhension de ce cadre d'interprétation si important pour la constitution d'une théorie des compétences collectives.

J'ai qualifié plus tôt la science des systèmes compétents de science de la subjectivité. Comme le soutient Cellérier⁹⁴ dans un extrait que j'ai cité dans la section précédente, le cadre d'interprétation téléreprésentationnel prend sa source dans notre expérience vécue de la subjectivité, et plus particulièrement

⁹³ Sur le cadre conceptuel de la praxéologie, voir von Mises (1949/1966).

⁹⁴ Cellérier (1982), p. 138.

dans la psychologie du sens commun, c'est-à-dire la psychologie que nous utilisons spontanément pour comprendre les autres et nous comprendre nous-mêmes. Il ne faudrait pas se méprendre sur la valeur et l'importance de cette psychologie intuitive de la subjectivité. Elle est une longue construction individuelle et collective qui permet aux individus d'anticiper assez efficacement les conduites des autres, et les leurs, et à ce titre on peut d'ailleurs supposer qu'elle est un moyen important dans la construction des compétences collectives⁹⁵. Contrairement à beaucoup d'autres théories, la psychologie du sens commun a traversé avec succès de sérieux tests de réussite pratique, succès que la science des systèmes compétents nous donne maintenant les moyens de mieux comprendre. Même les réductionnistes matérialistes doivent admettre que des notions du sens commun comme celles de croyance et de désir sont « commodées » pour rendre compte des conduites des êtres vivants et des machines complexes. Dennett a choisi de prendre au sérieux ces notions du sens commun et de retourner aux sources de l'interprétation téléoreprésentationnelle. Il nous propose, entre autres, une étude de la méthode interprétative constitutive de la psychologie du sens commun. Un mot d'abord sur ce que Dennett affirme être la nature de cette méthode :

folk psychology might best be viewed as a rationalistic calculus of interpretation and prediction—an idealizing, abstract, instrumentalistic interpretation method that has evolved because it works and works because we have evolved » et « folk psychology can best be viewed as a sort of logical behaviorism: what it means to say that someone believes that p, is that that person is disposed to behave in certain ways under certain conditions. What ways under what

⁹⁵ S'il est probablement difficile de reconstituer l'histoire de la psychologie du sens commun, on pourrait par contre certainement reconstituer celle de la conceptualisation progressive du cadre téléoreprésentationnel, comme les historiens de la science travaillent sur l'histoire de la physique. Dans cette histoire, il faudrait certainement faire une place au fonctionnalisme, de même qu'à la tradition « herméneutique », des *Geisteswissenschaften* depuis Dilthey, Simmel et Weber jusqu'à l'herméneutique sémantique contemporaine, ainsi qu'à la praxéologie, à la pensée biologique et à la cybernétique, bien sûr. On pourrait également en retracer la psychogenèse chez l'enfant, à la façon de Piaget.

*conditions? The ways it would be rational to behave, given the person's other beliefs and desires*⁹⁶.

La stratégie interprétative et prédictive que met en lumière Dennett consiste à nous « modéliser » les uns les autres sous la forme de systèmes idéalisés de croyances, de désirs et d'un sens du jugement rationnel. Mais comment établissons-nous le contenu de ces systèmes de croyances et de désirs ? Dennett suggère ce qui suit :

*We approach each other as intentional systems (Dennett 1971), that is, as entities whose behavior can be predicted by the method of attributing beliefs, desires, and rational acumen according to the following rough and ready principles: (1) A system's beliefs are those it ought to have, given its perceptual capacities, its epistemic needs, and its biography. Thus, in general, its beliefs are both true and relevant to its life and when false beliefs are attributed, special stories must be told to explain how the error resulted from the presence of features in the environment that are deceptive to the perceptual capacities of the system. (2) A system's desires are those it ought to have, given its biological needs and the most practical means of satisfying them. Thus intentional systems desire survival and procreation, and hence desire food, security, health, sex, wealth, power, influence, and so forth, and also whatever local arrangements tend (in their eyes—given their beliefs) to further these ends in appropriate measure. Again, "abnormal" desires are attributable if special stories can be told. (3) A system's behavior will consist of those acts that it would be rational for an agent with those beliefs and desires to perform. In (1) and (2) "ought to have" would mean "would have if it were ideally ensconced in its environmental niche"*⁹⁷.

⁹⁶ Dennett (1987), p. 48 pour le premier extrait et p. 50 pour le deuxième.

⁹⁷ Dennett (1987), p. 49.

Dans l'extrait précédent, Dennett tire de la psychologie du sens commun un système de règles pour l'attribution à un agent de buts et de valeurs (les désirs) et de représentations (les croyances). On peut y apercevoir la parenté qui lie la psychologie du sens commun à l'approche de la rationalité limitée utilisée dans les sciences de l'humain, la théorie de la décision et l'adaptationnisme en biologie. On peut également y voir transparaître la nature idéalisée et abstraite des interprétations de la psychologie du sens commun. Interpréter les conduites d'un agent, c'est tenter de les situer dans un système normatif abstrait dont on ne présume pas qu'il se retrouve tel quel dans l'agent. En d'autres mots, et c'est un exemple de Dennett, les croyances et désirs que nous nous attribuons sont comme le concept de centre de gravité en physique. Le centre de gravité existe comme entité abstraite dans un système de règles de calcul plus que comme entité empirique distincte dans le solide à l'étude. Le raisonnement téléoreprésentationnel est de même nature que le calcul sur le diagramme des forces en action sur un solide. Un tel calcul porte sur des entités abstraites qui tirent leur valeur de ce qu'elles permettent de modéliser certaines propriétés des entités empiriques. Les propriétés intentionnelles sont les concepts abstraits que nous utilisons pour modéliser les compétences des systèmes finalisés. C'est cette idée de compétence qui donne son caractère normatif à l'interprétation intentionnelle. L'interprète postule telle ou telle compétence, puis il établit les « croyances » et les « désirs » que l'agent devrait présenter pour bénéficier de cette compétence. L'interprète établit ensuite les choix que devrait faire un agent s'il avait effectivement cette compétence, puis regarde les choix de l'agent pour voir s'ils correspondent bien à ceux que le système normatif de cette compétence exige. On pourrait prendre les remarquables applications de la théorie des jeux à la biologie de l'évolution comme paradigme de ce type d'interprétation. On y cherche les « raisons » derrière les stratégies que les êtres vivants déploient dans la compétition qui les oppose. On construit une analyse de rationalité « substantive », selon l'expression de Simon⁹⁸.

⁹⁸ Voir Simon (1976).

2.8 Pourquoi l'interprétation téléoreprésentationnelle est-elle utile ?

Que se cache-t-il derrière l'utilité du cadre téléoreprésentationnel, derrière le fait, comme le dit Atlan, qu'une explication causale semble toujours passer à côté de l'essentiel, c'est-à-dire l'accomplissement d'une fonction ou la réalisation d'une tâche qui seule donne une signification à l'ensemble des phénomènes élémentaires que nous observons, au tout que ces éléments constituent ? Atlan lui-même ne me semble pas avoir d'explication et nous laisse dans le noir quant à la façon de coordonner le téléoreprésentationnel et le causal. Varela, quant à lui, a une réponse⁹⁹. Selon lui, il faudrait distinguer d'un côté les explications causales ou « opérationnelles » des systèmes vivants et, de l'autre, les explications « symboliques » de ceux-ci. Les interprétations téléoreprésentationnelles seraient des explications « symboliques ». Comment distingue-t-il ces deux types d'explication ? Selon lui, la principale caractéristique d'une explication causale est qu'elle simule les états et les transitions d'un état à l'autre dans l'organisation du système. L'explication « symbolique » offre plutôt des raccourcis permettant de passer d'un état à un autre en évitant la reconstitution complète des transitions et états qui les séparent :

A characteristic feature of an operational explanation is that it proposes conceptual (or concrete) systems and components that can reproduce the recorded phenomena. This can happen through the specification of the organization and structure of a system, as in the mechanistic framework adopted here. That is so because the organization of a machine, be it autopoietic or allopoietic, only states relations between components and rules for their interactions and transformations, in a manner that specifies the conditions of emergence of the different states of the machine, which then arise as a necessary

⁹⁹ Voir Varela (1979).

*outcome whenever such condition occurs. It follows, then, that the notions of purpose and function have no explanatory value in the phenomenological domain that they usually pretend to illuminate, because they do not participate as operational, causal elements in the reformulation of any of its phenomena [...] Accordingly, a prediction of a future state of a machine consists only in the accelerated realization of its succeeding states in an observer's mind, and any reference to an early state to explain a later one in functional or purposeful terms is an alternative form of his description, made in the perspective of his simultaneous mental observation of the two states*¹⁰⁰.

Selon Varela, une explication causale est logiquement suffisante. Si l'explication téléonomique est utile, c'est parce que l'explication causale n'est ni toujours, ni même souvent, réalisable en pratique. C'est ce qu'Atlan souligne lorsqu'il rappelle que la description physico-chimique du comportement d'un chien dépasse déjà toute possibilité pratique. Mais Atlan ajoute cette constatation que même si elle était possible, une telle description nous semblerait toujours passer à côté de l'essentiel. Cet « essentiel » semble bien disparaître et ne jouer aucun rôle dans la perspective que propose Varela.

L'interprétation téléoreprésentationnelle a un caractère instrumental que les réductionnistes matérialistes traduisent par des expressions comme « commode » et « utile ». Ceci ne doit pas masquer le fait que ces propriétés sont tout aussi réelles (ou aussi peu réelles, si l'on préfère) que les propriétés matérielles et causales. Les unes et les autres ne s'opposent pas, ou ne se réduisent pas les unes aux autres comme semble finalement l'admettre Varela pour qui il est toujours possible en droit de réduire une explication téléonomique à une explication causale (une explication « symbolique » n'ajoute aucune information nouvelle à une explication causale complète). Dans une étude méconnue sur la construction de la notion de téléonomie, Cellérier soutient que

¹⁰⁰ Varela (1979), p. 66-67.

les propriétés téléoreprésentationnelles sont définies *sur* les propriétés causales. Elles sont, comme le hasard, une certaine forme de l'organisation de ces propriétés causales. Comme l'écrit Cellérier, le hasard et la téléonomie sont des principes de composition des lois causales :

hasard et téléonomie sont des lois de composition de type logique supérieur aux lois causales sur lesquelles elles sont définies [...] Tous les deux sont des propriétés définies sur des interactions causales, ce n'est ainsi pas de la causalité, concept de niveau inférieur, que la téléonomie peut et doit être différenciée, mais du hasard qui est le concept de niveau correspondant [...] Dès lors les propriétés définissantes des systèmes cybernétiques ne sont plus à chercher parmi leurs propriétés intrinsèques, mais parmi celles de leurs lois de formation, c'est-à-dire de morphogenèse : leur organisation résulte-t-elle de l'interaction spontanée de lois causales indépendantes qui caractérise l'évolution générale des systèmes physiques, ou d'un processus qui choisit ces lois causales et organise leurs interactions en une combinaison (le « système cybernétique »), dont tant la formation que la conservation seraient une conséquence très improbable de l'évolution physique générale du milieu dans lequel elle se produit¹⁰¹.

À l'origine d'un système finalisé, il y a un processus qui choisit les lois causales et organise leurs interactions¹⁰². Chercher les « raisons », c'est tenter de comprendre ces choix dans la composition des lois causales. L'interprétation

¹⁰¹ Cellérier (1976), p. 285.

¹⁰² Dans son article de 1970, Ayala écrit : « *Although a teleological explanation can be reformulated in a nonteleological one, the teleological explanation connotes something more than the equivalent nonteleological one. A teleological explanation implies that the system under consideration is directionally organized [...] Biological organisms are systems directionally organized towards reproductive fitness. Parts of organisms are directionally organized towards specific ends that, generally, contribute to the ultimate goal of reproductive survival [...] Only teleological explanations connotes the important fact that plants and animals are directionally organized systems* » (p. 44). L'article d'Ayala est intéressant non pas tant pour ses éclaircissements conceptuels, qui ne valent certainement pas ceux de Cellérier, mais parce qu'il reflète l'intuition qui guide bien des biologistes dans leur travail.

téléoreprésentationnelle est cette démarche par laquelle on tente de découvrir et de justifier les choix constitutifs des systèmes vivants. Cette conception de la téléonomie comme propriété définie sur les interactions causales implique qu'adopter la perspective téléonomique c'est porter attention à des informations sur les systèmes causaux qui sont difficilement accessibles à partir de la seule perspective causale elle-même. On rétorquera que cette conception est défailante, puisqu'elle laisse dans l'ombre l'origine des propriétés téléoreprésentationnelles en les attribuant simplement aux choix rationnels d'un agent, c'est-à-dire à des propriétés téléoreprésentationnelles antérieures. On explique les propriétés téléoreprésentationnelles par les propriétés téléoreprésentationnelles. On se trouve alors devant une régression généalogique d'agent en agent, parce qu'un agent est nécessairement le résultat des choix d'un agent qui le précède (ou de ses choix propres). On doit effectivement constater qu'il n'y a pas d'avions sans humains, pas d'humains sans humains, pas de chiens sans chiens, pas de bactéries sans bactéries, pas d'humains sans préhominiens et ainsi de suite. En réalité cette régression n'a rien d'infini, parce qu'on peut trouver dans les lois d'interaction causale la mise en œuvre probable et spontanée d'un « processus de décision » élémentaire sur lequel asseoir le départ de la construction. La sélection naturelle mise en lumière par Darwin est une manifestation de ce type de processus élémentaire de décision qui choisit des stratégies en fonction de certains principes rationnels que doit mettre au jour l'interprétation téléoreprésentationnelle, aussi bien chez les moustiques que chez les agents économiques :

The fundamental insight that unites game theory and evolutionary theory is that the “rational principles—whatever that may mean” that “guide” agents in competition can exert their influence even on such unconscious, unreflective semi-agents as viruses, trees, and insects, because the stakes and payoff possibilities of competition determine

*which lines of play cannot help winning or losing if adopted, however mindlessly they are adopted*¹⁰³.

Atlan a donc certainement raison de dire qu'une machine réalise le projet de son constructeur¹⁰⁴. Il pense que c'est là une objection à l'assimilation entre machine et objet vivant, et à l'utilisation de la « métaphore » du programme génétique. Cellérier en tire plutôt la conclusion que tout objet vivant réalise le projet de son constructeur :

la fonction d'un dispositif se définit par rapport à son constructeur (ou son utilisateur), celle de ce dernier par rapport à son propre constructeur : le système génétique de son espèce (c'est ainsi que « les organismes ne sont que des artefacts contingents, inventés par les gènes pour se conserver afin de se reproduire » selon le mot d'un généticien), la régression s'arrêtant au « premier système génétique » qui est coextensif avec l'origine de la vie sur notre planète, et qui, pour les théories contemporaines tout au moins, n'a pas été assemblé par un constructeur finalisé, mais est « une conséquence inévitable de l'évolution de la matière inanimée sur notre planète » selon la formule d'Oparin¹⁰⁵.

Plus récemment, Dennett a soutenu cette idée que toute intentionnalité (au sens technique) dérive d'une intentionnalité antérieure¹⁰⁶. Ce raisonnement implique que la perspective téléoreprésentationnelle doit nécessairement intégrer un volet proprement génétique dans ses explications, sous peine de ne pouvoir rendre compte de l'origine des propriétés téléoreprésentationnelles attribuées à un système. Plus encore, on pourrait soutenir qu'il est illégitime d'attribuer à un agent buts, connaissances, rationalité et compétences s'il est impossible d'en

¹⁰³ Dennett (1995), p. 253.

¹⁰⁴ Atlan (1986), p. 16-17, passage déjà cité.

¹⁰⁵ Cellérier (1980), p. 218.

¹⁰⁶ Dennett (1987, 1995, 1996).

fournir une explication génétique, s'il est impossible de repérer l'agent ayant effectué les choix auxquels correspondent ces buts et ces connaissances, car il ne peut exister de génération spontanée de propriétés intentionnelles le moins élaborées. Je soutiendrai ici que cette obligation d'une reconstitution génétique de toute propriété intentionnelle projetée par l'interprète sur le monde est l'une des principales balises dans l'encadrement rigoureux de l'interprétation téléoreprésentationnelle. En elle-même, cette balise reste toutefois incomplète, car elle ne nous fournit pas d'indications sur la nature et la forme que peuvent ou ne peuvent pas prendre les mécanismes ou processus pouvant mener à la création de propriétés téléoreprésentationnelles. C'est l'une des contributions de l'intelligence artificielle abstraite que de nous fournir les moyens de repérer, dans toutes les machines, organismes et organisations, les mécanismes de décision à l'origine de leurs propriétés téléoreprésentationnelles.

2.9 Du point de vue du plan au point de vue de l'intentionnalité

Dennett admet comme Varela l'existence des deux stratégies prédictive et explicative, l'une causale et l'autre téléoreprésentationnelle¹⁰⁷. Il décompose toutefois cette dernière en deux sous-stratégies. La première, qu'il appelle *design stance*, le point de vue de la conception (ou de la construction, ou du plan)¹⁰⁸, correspond exactement à l'explication « symbolique » dont discute Varela. Elle consiste à poser que l'agent a été conçu pour être dans tel état lorsqu'il est placé dans telle circonstance, sans que l'on connaisse toutefois les états intermédiaires de la chaîne causale. Je peux ainsi prédire le comportement de mon magnétoscope lorsque j'appuie sur ses boutons de commande. Je n'ai qu'une vague idée des chaînes causales que l'action d'appuyer sur PLAY implique, mais je peux prédire ce qui arrivera si je le fais alors qu'une cassette

¹⁰⁷ Dennett (1978, 1987).

¹⁰⁸ Dans la version française, Pascal Engel traduit *design stance* par « point de vue de la construction » ou « point de vue du plan ». *La stratégie de l'interprète*, Gallimard, 1990.

se trouve dans le magnétoscope et que celui-ci est branché au réseau de distribution d'électricité. Il ne faut pas une longue réflexion pour voir que nous nous appuyons sur cette stratégie dans beaucoup de nos activités quotidiennes, y compris dans nos transactions avec les humains : que je sois servi par un caissier humain ou par un caissier électromécanique à la banque ne change à peu près rien à la stratégie prédictive que j'adopte et qui consiste à m'appuyer sur ma connaissance d'une liaison abstraite entre certaines opérations du système de la banque. Par exemple, je sais qu'un retrait implique une diminution du solde de mon compte plus le montant de cette diminution en argent comptant, même si je ne connais pas l'ensemble de la chaîne des opérations qui relie, dans le système de la banque, l'action d'appuyer sur un certain bouton du caissier électronique et le résultat que j'attends de cette action. C'est exactement ce que Varela entend par explication symbolique. Mais Dennett ne s'en tient pas là, et c'est lorsqu'on adopte l'autre sous-stratégie, c'est-à-dire le point de vue « intentionnel », qu'on voit réapparaître les « raisons ». Dennett décrit de la façon suivante cette stratégie :

*first you decide to treat the object whose behavior is to be predicted as a rational agent; then you figure out what beliefs that agent ought to have, given its place in the world and its purpose. Then you figure out what desires it ought to have, on the same considerations, and finally you predict that this rational agent will act to further its goals in the light of its beliefs. A little practical reasoning from the chosen set of beliefs and desires will in many—but not all—instances yield a decision about what the agent ought to do; that is what you predict the agent will do*¹⁰⁹.

Cette stratégie consiste à modéliser les propriétés abstraites (les principes de composition) qui existent dans les relations causales entre un sous-système et le

¹⁰⁹ Dennett (1987), p. 17.

reste du monde physique sous la forme des catégories intentionnelles de « croyances » et de « désirs ». Le « modèle » abstrait ainsi construit est une boîte noire représentant une compétence, celle qui consiste à établir un certain rapport entre des « entrées » et des « sorties ». Ce qui distingue cette boîte noire de celle que l'on construit du « point de vue du plan », c'est qu'elle n'est plus simplement un raccourci entre deux états d'un système causal donné, mais une théorie abstraite de la tâche à accomplir, un modèle de compétence :

[...] intentional system theory is an attempt to provide what Chomsky [...] calls a competence model, in contrast to a performance model. Before we ask ourselves how mechanisms are designed, we must get clear about what the mechanisms are supposed to (be able to) do ¹¹⁰.

Le modèle de compétence nous fournit la *fonction* que doit calculer le système, mais ne nous dit rien sur la façon dont le système effectue concrètement ce calcul :

Intentional system theory deals just with the performance specifications of believers while remaining silent on how the systems are to be implemented ¹¹¹.

the decomposition of one's competence model into parts, phases, states, steps, or whatever need shed no light at all on the decomposition of actual mechanical parts, phases, states, or steps of the system being modeled—even when the competence model is, as a competence model, excellent ¹¹².

¹¹⁰ Dennett, (1987), p. 74.

¹¹¹ Dennett, (1987), p. 59.

¹¹² Dennett, (1987), p. 75-76.

Alors que la boîte noire du « point de vue du plan » relie deux états d'un système causal donné, celle du point de vue intentionnel rend compte d'une « loi de composition » abstraite qui vaut pour un nombre indéterminé de systèmes causaux, ou plutôt pour tous les systèmes causaux qui se trouvent dans le même rapport fonctionnel à leur milieu. Dennett donne l'exemple de l'apparition dans un certain milieu d'un insecte toxique. Le modèle de compétence approprié dans ce milieu sera celui qui commande d'éviter l'ingurgitation de cet insecte, et ce modèle vaut aussi bien pour les oiseaux que pour les chauves-souris (et probablement pour les grenouilles et tous les autres insectivores affectés par la toxine produite par l'insecte), malgré l'énorme différence, du point de vue causal, qui sépare ces organismes et la manière dont ils peuvent réaliser concrètement cette croyance :

If a particularly noxious insect makes its appearance in an environment, the birds and bats with a survival advantage will be those that come to believe this insect is not good to eat. In view of the vast differences in neural structure, genetic background, and perceptual capacity between birds and bats, it is highly unlikely that this useful trait they may come to share has a common description at any more concrete or less abstract level than intentional system theory¹¹³.

Tous les cas de convergence fonctionnelle peuvent être appelés en renfort de cet argument. On peut rappeler le cas des insectes sociaux, par exemple : « *The syndrome of division of labor, storable nonspoiling foodstuff such as honey or seeds, apartment house living, and professional soldiers who do no food gathering has been repeatedly independently discovered many times among the social insects (Campbell, 1965)¹¹⁴* ». La description et l'explication de ces phénomènes de convergence fonctionnelle ne peuvent se faire au seul plan matériel et causal. Le point de vue téléoreprésentationnel nous donne accès à

¹¹³ Dennett, (1987), p. 59.

¹¹⁴ Campbell (1990), p. 7.

des propriétés bien réelles que nous laissent à peu près incapables de voir tout point de vue plus concret. Une « réduction » de l'intentionnel au causal nous ferait littéralement perdre de vue ces propriétés. Celles-ci ne s'opposent en rien aux lois d'interaction causale, elles sont définies sur elles. Elles sont des figures abstraites d'interactions causales qui absorbent les perturbations et les variations, nous dit Dennett, des figures ou des attracteurs que nous repérons et représentons sous la forme de connaissances et de fins que nous attribuons à des agents rationnels, et qui nous permettent une fabuleuse économie cognitive par rapport aux autres stratégies prédictives.

2.10 Conséquence pour l'études des phénomènes collectifs

La perspective sociocognitiviste que je défends ici adopte la stratégie interprétative que met en valeur Dennett et l'applique aux phénomènes collectifs. Du point de vue de cette perspective, il n'y a pas de raison évidente de s'objecter à l'idée qu'une entité collective puisse agir, décider, expérimenter, savoir, apprendre, avoir de la mémoire, avoir des compétences, utiliser des méthodes pour accomplir des tâches et, finalement, incarner un projet¹¹⁵. Non seulement il n'y a pas de raison évidente de s'y objecter, mais le faire nous rendrait incapable de comprendre la nature d'une bonne part des compétences humaines si, comme je le soutiens dans cette thèse, elles sont d'abord des propriétés que manifestent des ensembles d'individus en interaction. Dans le prochain chapitre, j'essaie de préciser ce que pourrait être une véritable science des phénomènes de compétence.

¹¹⁵ Dupuy (1994, p. 175) tire également cette conclusion des conséquences de l'adoption de la « posture intentionnelle » (*intentional stance*) dans l'étude des phénomènes humains : « Cette posture conduit pratiquement à affaiblir—je préfère dire complexifier— l'individualisme méthodologique, puisque le sujet individuel n'a plus le monopole de certains attributs de la subjectivité. Il faut admettre qu'à côté de ces sujets individuels il existe des quasi-sujets, qui sont des entités collectives capables d'exhiber au moins certains des attributs que l'on croyait réservés aux « véritables » sujets—les individus—et, en particulier, l'existence d'états mentaux. On n'hésitera pas ainsi à dire d'une organisation, et plus généralement d'une entité collective, qu'elle est capable d'apprendre, mais aussi de savoir, de se souvenir, d'analyser une situation, de faire des expériences, de former des concepts, de prendre des décisions et d'agir. »

Chapitre 3

Vers une science des systèmes compétents, la contribution des sciences de la cognition

La difficulté radicale des sciences de l'homme vient justement de cette nécessité où se trouve le savant de viser des faits pourvus de sens, mais d'y parvenir à travers une élaboration de données qui sont déjà des significations au niveau de la saisie immédiate. La double tentation qui le guette est alors de s'en tenir simplement aux événements vécus, ou bien, dans un effort mal adapté, pour atteindre à la positivité des sciences naturelles, de liquider toute signification pour réduire le fait humain sur le modèle des phénomènes physiques. Le problème constitutif des sciences de l'homme peut être dès lors décrit comme transmutation des significations vécues en un univers de significations objectives, Gilles Gaston-Granger, *Pensée formelle et sciences de l'homme*, Aubier, Éditions Montaigne 1960, p. 66.

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, j'ai essayé de montrer que, en principe, il est légitime de penser que les ensembles d'individus en interaction présentent des compétences et des connaissances qui leur sont propres. Il s'agit maintenant d'établir comment on peut expliquer ces compétences. Pour ce faire, comme je l'ai déjà souligné, il faudra contribuer à l'élaboration d'une science générale de la compétence, dont on peut voir l'amorce dans les sciences de la cognition, et en particulier dans l'intelligence artificielle abstraite. Ces dernières apportent à la science de la compétence des outils, des idées et des méthodes¹¹⁶. Ces outils

¹¹⁶ Plusieurs auteurs ont souligné que l'apport de l'intelligence artificielle se manifeste sur plus d'un plan. Newell (1990, p. 40), par exemple, définit de la façon suivante ces différentes

sont 1) l'analyse fonctionnelle par laquelle les compétences sont décomposées et recomposées, 2) l'analyse structurale sous forme d'un espace des conduites nécessaires ou possibles, 3) l'analyse algorithmique et procédurale des processus à l'aide d'une théorie générale des méthodes d'action et 4) la modélisation procédurale sous forme de programmes exécutables par un ordinateur. Je voudrais montrer que ces outils constituent de véritables balises pour l'étude systématique et rigoureuse des phénomènes de compétence, de finalité et de connaissance. Une fois bien outillé par une science de la compétence, nous pourrions aborder, dans les prochains chapitres, l'étude des compétences collectives décentralisées.

3.2 Le rôle central de l'intelligence artificielle

Pourquoi penser que les sciences de la cognition, et plus particulièrement l'intelligence artificielle, peuvent constituer la base d'une science des systèmes compétents ? Selon plusieurs, l'intelligence constitue l'objet d'étude de l'ensemble des sciences de la cognition. Simon et Kaplan sont de cet avis : « *Cognitive science is the study of intelligence and intelligent systems, with particular reference to intelligent behavior as computation*¹¹⁷ ». À l'intérieur des sciences de la cognition, l'intelligence artificielle abstraite s'interprète à la façon de Dennett comme une enquête sur les conditions générales de possibilité de l'intelligence ou de la compétence¹¹⁸. Cette enquête y est généralisée, c'est-à-dire qu'elle porte sur toutes les formes possibles d'intelligence ou de compétence, que celles-ci apparaissent dans un organisme, une organisation ou une machine¹¹⁹. En tant qu'objet de recherche, l'« intelligence artificielle » est

contributions : « *AI provides the theoretical infrastructure for the study of human cognition [...] Being an infrastructure, AI fills an entire spectrum of specific roles (Newell, 1970)—from enforcing operational thinking about processes, to a theoretically neutral language of processing, to metaphors about kinds of processings that occur in the mind. Various of these specific roles are sometimes taken as the primary way AI relates to psychology. In fact, it plays them all* ».

¹¹⁷ Simon et Kaplan (1989), p. 1.

¹¹⁸ Voir Dennett (1978).

¹¹⁹ Défendant ce point de vue, Cellérier (1982, p. 137) écrit que « *not only life and rational thought, and societies or organizations may be viewed as computational phenomena, but within*

en fait l'intelligence abstraite, ou générale, indépendante des particularités de son support matériel et énergétique. L'intelligence artificielle abstraite fournit un cadre conceptuel, formel et méthodologique que l'on peut utiliser pour mettre au jour et expliquer les compétences que manifeste un objet quel qu'il soit : objet vivant, artefact ou ensemble d'individus en interaction. La portée et la visée de l'intelligence artificielle se distinguent donc nettement de celles de la psychologie cognitive, qui est bien moins centrale dans le champ de la science des systèmes compétents, et avec laquelle il ne faudrait pas la confondre, même si elles partagent toutes deux de nombreux éléments¹²⁰.

3.3 L'encadrement de l'interprétation subjectiviste

Les sciences de la cognition contribuent à lever certaines des objections faites à l'utilisation des idées de fin, de connaissance et de compétence. Elles contribuent à rendre l'interprétation « subjectiviste » moins intuitive et moins opaque, plus systématique et plus transparente. Elles contribuent à en préciser les conditions d'utilisation. Elles en précisent les catégories et nous indiquent comment raisonner à partir de celles-ci. Nous avons vu que Dennett effectue d'abord une importante opération de décentration : il est légitime de mobiliser ce cadre partout où il est utile. Cette première opération de décentration est nécessaire pour nous libérer de nos *a priori* intuitifs sur la nature de l'interprétation « intentionnelle » et sur le domaine où il s'applique, qui ne peut être réduit aux seuls agents humains individuels que sous le coup d'une décision arbitraire, comme le constate Atlan. Dennett précise ensuite les raisons de l'utilité du cadre intentionnel : il existe des propriétés abstraites réelles que ce

societies, the extremes of ethics and aesthetics on the one hand, and machines and technology [...] on the other, may both be viewed as complex semiotic constructs, as symbol structures that realize executive functions through computations on symbols ».

¹²⁰ Comme l'écrit Joëlle Proust (1987, p. 91) : « Ce qui distingue l'I.A. « abstraite » des essais de modélisation de la cognition humaine naturelle consiste dans le fait que s'y trouvent explorés tous les modes possibles d'« intelligence », qu'ils soient ou non instanciés par l'homme. Le support du comportement intelligent n'est plus l'homme concret [...] mais le médium objectif qui est constitutif des capacités opératoires de tel organisme ou de telle machine : le système symbolique physique ».

cadre nous permet de repérer dans le monde, et que nous nous représentons sous la forme des catégories et des raisonnements de l'interprétation intentionnelle ou téléoreprésentationnelle, comme je l'ai appelée. Voyons maintenant comment les sciences de la cognition bâtissent leurs explications des compétences sur cette base. Nous devrions pouvoir en tirer quelques enseignements pour une sciences des systèmes compétents.

3.4 L'explication dans les sciences de la cognition

Marr établit une distinction entre fonction, algorithme et mécanisme matériel¹²¹. Il est bien connu pour défendre la nécessité, pour le chercheur, d'établir la fonction (application) que doit calculer le système cognitif pour mettre en action une compétence donnée, avant de pouvoir mettre au jour les algorithmes et les mécanismes qui exécutent ce calcul. Voyons comment il présente cette distinction :

The solution to an information-processing problem divides naturally into two parts. In the first, the underlying nature of a particular computation is characterized, and its basis in the physical world is understood. One can think of this part as an abstract formulation of what is being computed and why, and I shall refer to it as the 'theory' of a computation. The second part consists of particular algorithms for implementing a computation, and so it specifies how. The choice of algorithm usually depends upon the hardware in which the process is to run, and there may be many algorithms that implement the same computation. The theory of a computation, on the other hand, depends only on the nature of the problem to which it is a solution [...] Strictly speaking then, a result in AI consists of the isolation of a particular information-processing problem, the formulation of a computational theory for it, the construction of an algorithm that implements it, and a

¹²¹ Marr (1977, 1982).

*practical demonstration that the algorithm is successful. The important point here, and it is what makes progress possible, is that once a computational theory has been established for a particular problem, it never has to be done again [...] Chomsky's (1965) notion of a 'competence' theory for English syntax is precisely what I mean by a computational theory for that problem*¹²².

Marr nous dit que la théorie d'une compétence donnée comprend trois niveaux. Au premier niveau, il y a une fonction, au sens mathématique (quoi calculer), qui répond à une fonction au sens téléonomique (pourquoi ce calcul). Ce premier niveau définit une tâche à accomplir. La compétence à l'étude est la capacité à accomplir cette tâche. Sans une définition de la tâche à accomplir, il est hasardeux de parler de compétence. Cette définition de la tâche à accomplir est indépendante des algorithmes et mécanismes qui peuvent la mettre en action. Elle vaut pour tous les agents qui doivent présenter une même compétence, quelle que soit la façon par laquelle ceux-ci la mettent en action. Les algorithmes constituent un deuxième niveau d'explication. Dans cette conception, un algorithme est une méthode permettant d'accomplir la tâche telle qu'elle est définie. Marr nous rappelle que plusieurs algorithmes distincts peuvent calculer une même fonction. Plusieurs méthodes peuvent accomplir la même tâche. Le troisième niveau de l'explication est la mise en action concrète de la méthode postulée. Un nombre indéfiniment grand de mécanismes peuvent mettre en action un algorithme donné (toutes les machines universelles, entre autres). On peut faire une contribution à chacun de ces niveaux, mais dans la seule mesure où le niveau du dessus est suffisamment développé. Concevoir un mécanisme sans savoir quel algorithme il met en action ne constitue pas une avancée sur le plan théorique. De même, un algorithme n'a de valeur explicative que si nous pouvons l'associer à une tâche bien définie.

¹²² Marr, (1977), p. 129-130.

Newell et Simon défendent la nécessité d'étudier à la fois la tâche à accomplir et les moyens souvent imparfaits dont on peut disposer pour l'accomplir¹²³. La méthode qu'ils proposent consiste à construire un modèle en *cinq étages* qui s'étendent de la théorie de la compétence à la machine universelle¹²⁴ :

1. Une mise au jour et une définition des caractéristiques de la tâche (*task environment*) constituent le premier étage. Newell et Simon nous présentent ce niveau de la façon suivante :

*An analysis of the task environment produces a description of the constraints on behavior that must be satisfied to attain the problem goal at a specified level of intelligence or adaptivity. For a given level of intelligence, certain paths in the task environment are not available as paths to the goal—they are too difficult. Removing these paths, one can then search for the invariant features of the remaining paths that do lead to the goal*¹²⁵.

Dans ce passage, on voit que Newell et Simon conçoivent la tâche comme un déplacement dans un espace. C'est aussi l'une des façons dont ils conçoivent le deuxième niveau d'une explication.

¹²³ Newell et Simon (1972, p. 55) : « ...a theory of thinking and problem solving cannot predict behavior unless it encompasses both an analysis of the structure of the task environments and an analysis of the limits of rational adaptation to task environments ».

¹²⁴ Newell et Simon (1972, p. 870) : « This conception of problem solving behavior does not leave empty the gap between the task environment with its demand, and the basic IPS [information processing system] with its invariant characteristics. For there are mechanisms that fill this gap and produce the behavior. There are three layers of filling, so to speak. Proceeding inward from the task environment, there is the problem space, in which problem solving takes place as search; then the methods, which are the means whereby that search takes; and finally the production system, which is the program organization whereby the methods are realized in terms of elementary processes and basic characteristics of the IPS ».

¹²⁵ Newell et Simon (1972), p. 83.

2. Le deuxième étage, c'est l'espace de problème de l'agent, que l'on construit en s'inspirant de l'étude des demandes de la tâche, soit l'étage 1. Cet espace est constitué d'états et d'opérateurs permettant de passer d'un état à l'autre dans cet espace.

3. Le troisième étage est constitué par les méthodes ou procédures de recherche que l'agent peut utiliser, et utilise, pour trouver une solution dans cet espace de problème. À ce niveau de l'explication, Newell et Simon mobilisent une théorie des méthodes de recherche développée en intelligence artificielle. Quelles procédures l'agent peut-il utiliser pour passer de l'état initial à l'état visé ? Voilà la question à laquelle il faut répondre pour construire cet étage du modèle. Une « méthode de recherche » est une procédure abstraite qui peut être mise en action sous différentes formes par différentes machines. Une méthode est la description d'une forme abstraite et générale, algorithmique ou heuristique, que peuvent prendre différentes procédures. Une méthode abstraite définit une classe d'équivalence, un sous-ensemble dans l'ensemble des procédures concrètes ou programmes possibles.

4. La quatrième étage est constitué par les systèmes de production qui peuvent mettre en œuvre cet espace et ces méthodes de recherche. On peut parler du niveau du programme. Un programme, comme une méthode, est une procédure. Pourquoi donc Newell et Simon distinguent-ils l'étage des méthodes et l'étage du programme ? Un programme est une procédure particulière qui peut guider les actions d'une machine programmable donnée. Le programme est la description d'un processus plus particulier et plus concret que la méthode, c'est-à-dire plus proche des machines matérielles régies par les lois de la physique, et qui peut mettre en action une méthode algorithmique ou heuristique.

5. Le dernier étage est constitué par le système symbolique physique, qui est une machine universelle capable de mettre en action n'importe quel système

de production. Un langage de programmation comme *LISP* tournant sur une machine de type von Neumann joue le rôle du système symbolique physique dans la réalisation concrète des modèles. Dans l'extrait tiré de l'ouvrage de Newell et Simon que j'ai placé en note de bas de page, il s'agit du « *basic IPS with its invariant characteristics* », IPS signifiant *Information Processing System*¹²⁶.

Une telle approche permet de tester un modèle de compétence en le faisant fonctionner sur un ordinateur. Newell et Simon ne s'en sont jamais tenu au seul plan de l'étude d'une théorie idéale pour une compétence donnée (traitée à l'étage 1). Ils ont cherché à rendre compte des *comportements*, à les simuler. Les comportements peuvent très bien échapper partiellement à une théorie de la compétence, fut-elle de rationalité limitée comme celle de l'étage 2. Une théorie des caractéristiques et contraintes de la tâche peut très bien laisser indéterminée la façon de répondre à ces contraintes si différentes branches dans ce qu'on pourrait appeler l'espace de la tâche peuvent mener au but. La compétence réelle de l'agent peut également être seulement partielle, ce qui signifie que la théorie des exigences de la tâche sous-déterminera les conduites de l'agent. Pour comprendre celles-ci, il faut s'en remettre non seulement à l'espace de problème, mais également aux méthodes que l'agent utilise pour se déplacer dans cet espace, aux programmes utilisés pour mettre en œuvre ces méthodes et à la machine qui exécute ces programmes. Même si l'on dispose d'une représentation de l'espace de problème de l'agent, les conduites peuvent, en effet, demeurer sous-déterminées à causes de l'imperfection des méthodes, des programmes et des machines utilisées :

the outer theory [l'espace de la tâche] *provides the main, gross results.*
The inner theory [l'espace du problème, la méthode, le programme et la machine universelle] *provides the fine structure. In our case the fine structure relates not only to the dynamic details over time, but also to*

¹²⁶ Voir Newell et Simon (1972), p. 870.

*the lapses from adaptation—errors, confusions, wrong explorations. Not all such details occur at the IPS level where we have worked, of course. They occur also in the underlying structure of the memories and processes, as investigated in the psychological laboratory, and even further down in terms of the physiology of the central nervous system*¹²⁷.

Dans ce passage, Newell et Simon oublient de prendre en compte une fonction fondamentale de l'espace de la tâche, soit celle d'expliquer une compétence. L'espace de la tâche n'a pas pour but de fournir une première approximation des conduites de l'agent, mais de fournir les raisons de la compétence ou de l'incapacité d'un agent à effectuer une certaine tâche. Un article de Michael R. Fehling développe cette idée que les travaux de Newell, et j'ajoute de Newell et Simon, sont bien mieux mis en valeur lorsqu'on les voit comme une contribution à l'étude des compétences et à la théorie des compétences plutôt que comme une contribution à l'explication et la prédiction des comportements comme Newell lui-même les présente malheureusement¹²⁸. L'étage 1 n'est pas une description abstraite approximative des comportements mais la raison derrière la forme de ces comportements, leur raison d'être qu'une explication causale ne peut saisir. Les étages 2 et 3, l'espace du problème et les méthodes utilisées dans celui-ci, nous fournissent quant à eux un modèle téléoreprésentationnel de la compétence partielle de l'agent, c'est-à-dire de sa rationalité limitée.

Les limites à la rationalité d'un agent ont au moins deux causes. Elles ont pour cause l'insuffisance de connaissances sur l'espace de la tâche, qui se manifeste à l'étage 2. Elles ont également une autre source que Simon a mise en lumière en distinguant la rationalité substantive de la rationalité procédurale, soit le niveau de puissance computationnelle de l'agent qui se manifeste au

¹²⁷ Newell et Simon, (1972), p. 871.

¹²⁸ Voir Newell (1990) et Fehling (1993).

troisième étage de l'explication¹²⁹. C'est grâce au cadre computationnel de la théorie des machines et à la théorie des algorithmes de recherche développée en intelligence artificielle qu'on a un début d'idée sur la façon d'introduire rigoureusement cette source de limitation dans la perspective téléreprésentationnelle : les limites à la compétence sont exprimées sous la forme (1) d'une mesure de la puissance computationnelle d'un agent et (2) d'une mesure de l'ampleur de la tâche à accomplir sous la forme de la quantité de « calculs » nécessaires pour accomplir celle-ci¹³⁰. Je vais présenter cette théorie des méthodes de recherche, mais je voudrais faire deux remarques avant, l'une sur l'usage du mot « computationnel », l'autre sur le type de machine utilisé par Newell et Simon.

Peut-être convient-il de souligner qu'il n'y pas une entente générale sur la signification de l'idée de « computation » et de systèmes « computationnels » dans les sciences de la cognition¹³¹. J'utilise pour ma part l'adjectif

¹²⁹ Simon (1996, p. 29) : « *the behavior of an artificial system may be strongly influenced by the limits of its adaptive capacities—its knowledge and computational powers* ».

¹³⁰ Minsky, (1967). Si l'on examine l'une des premières et des plus remarquables études sur les limites et la portée des machines parallèles, *Perceptrons*, de Minsky et Papert (1969/1988), on voit que les auteurs étudient au moins deux questions : (1) qu'est-ce que les différentes classes de machine parallèle de type perceptron peuvent et ne peuvent pas faire, et (2) avec quel rendement ces machines arrivent-elles à faire ce qu'elles font. Cette deuxième question n'est pas simplement complémentaire à la première, elle est primordiale, parce qu'il est assez facile de concevoir des machines universelles simples auxquelles il est possible en droit de faire faire tout ce qu'une machine peut faire (voir Minsky, 1967), mais cette universalité et cette simplicité se payent toujours au prix de quantités de calculs totalement hors de portée des agents réels dont on étudie les compétences, dès que la variété des intrants et des extrants devient le moins grande. Il y a deux enseignements principaux à tirer de *Perceptrons*, d'abord que les questions de rendement sont centrales dans l'étude des machines, et ensuite que le rendement d'une machine donnée dépend largement des caractéristiques de la tâche à laquelle on l'assigne.

¹³¹ C'est ce que souligne Pylyshyn (1989, p. 51) par exemple : « *One of the principal characteristics that distinguishes cognitive science from more traditional studies of cognition within psychology is the extent to which it has been influenced by both the ideas and the techniques of computing. It may come as a surprise to the outsider then to discover that there is no unanimity within cognitive science on either the nature (and in some case the desirability) of the influence or what computing is, or at least on its essential character, as it pertains to cognitive science* ». Newell (1990 p. 66-68) écrit pour sa part que : « *Given the notion of a machine, a computational system can be defined as a machine that can produce many functions. Again, there is a shift of viewpoint. A machine determines a fixed function between its inputs and its outputs. A machine also produces its outputs, given its inputs, something not implied by being a function, which is just the correspondence. Thus, a priori, a computer produces one function, not many. To view it as producing many functions, some inputs must be viewed as*

« computationnel » dès qu'il est question pour l'interprète de se représenter et de décrire la compétence d'un agent sous la forme d'une application, et sa réalisation concrète sous forme d'algorithmes, c'est-à-dire de procédures effectives de calculs sur des signes, signaux ou symboles.

Newell et Simon modélisent les procédures sous la forme de système de production (le niveau 4, celui du programme). Cette étape est importante parce qu'elle contraint à n'évoquer que des procédures explicites et réalisables. Elle permet une mise en action réelle des procédures et des théories ou modèles de compétence proposés. Newell et Simon ouvrent toutefois la possibilité d'interpréter leurs modèles non plus seulement en « surface » (étage 1, 2 ou 3), au seul niveau de la théorie de la compétence ou au niveau si crucial des procédures de recherche, mais encore plus en profondeur, jusqu'au niveau des particularités de ces machines virtuelles que sont les programmes et le système symbolique physique, ou encore plus en profondeur vers le substrat matériel. Ils s'exposent du même coup à des critiques sur le type particulier de machine qu'ils ont choisi, le « système symbolique physique », et le type d'organisation des programmes qu'ils proposent pour mettre en action les procédures de recherche, le système de production. Leur contribution à l'étude des niveaux 1, 2 et 3 demeure absolument fondamentale et valable, quels que soient les choix qu'ils effectuent dans leurs analyses des niveaux 4 et 5.

3.5 Les méthodes de recherche comme armature rationnelle de l'action

On ne peut pas discuter de l'apport des sciences de la cognition et de l'intelligence artificielle sans présenter ce qu'on pourrait appeler la théorie des méthodes d'action ou théorie des méthodes de recherche. Un agent de rationalité

providing the specification or the function to be produced [...] When given different inputs, they produce different response functions [...] The perfect computational system would be one that could produce any possible function ».

limitée est toujours en train d'explorer des « espaces de problème », que je propose de renommer « espaces d'action », pour trouver les moyens nécessaires à l'atteinte de ses buts. Les raisons derrière les trajectoires qu'il trace dans ces espaces ont un rapport avec la rationalité procédurale propre à cette exploration. Il faut mettre celle-ci au jour pour y voir clair dans les compétences et les conduites d'un agent de rationalité limitée. La modélisation des compétences d'un agent est radicalement incomplète si l'on n'a pas modélisé son pouvoir organisateur et créateur qui se manifeste sous la forme de la rationalité procédurale. Je pense, comme Newell que la contribution de l'intelligence artificielle est fondamentale à ce chapitre :

*If there is anything that AI has contributed to our understanding of intelligence, it is discovering that search is not just one method among many that might be used to attain ends but is the most fundamental method of all*¹³².

L'intelligence artificielle nous offre un coffre à outils pour modéliser la rationalité procédurale des agents de tout niveau sous la forme d'algorithmes et d'heuristiques de recherche dans un espace d'action. Il est ensuite possible d'établir une correspondance entre les algorithmes utilisés et les mécanismes causaux qui les mettent en œuvre. Cette possibilité de mettre au jour les mécanismes causaux de l'intelligence encadre et légitime l'utilisation du cadre téléoreprésentationnel qui, sans cet encadrement, demeure intuitive et peu fiable parce que sujette à des erreurs d'attribution de propriétés. Nous allons nous attarder un moment sur ce coffre à outils en décrivant brièvement l'espace des méthodes de recherche dans lequel il nous est possible de situer toute démarche d'exploration d'un espace d'action. Une première façon approximative de concevoir la géométrie de l'espace des méthodes d'action consiste à situer toutes les procédures sur un continuum qui va de la recherche par simples essais et erreurs jusqu'à l'algorithme déterministe optimisé (qui ne nécessite plus

¹³² Newell (1990), p. 96.

aucune recherche). Donnons-nous une représentation de l'espace d'une tâche très simple, celle de la figure 5. S'il s'avérait que la situation ayant le plus de valeur pour un agent est celle où il se trouve à la position 9, la méthode de recherche par essais et erreurs exigerait d'essayer toutes les combinaisons possibles d'opérateurs, dans la mesure où leur action est réversible, a1a4, a1a5, a1a6, a2, a3a7, a3a8, a3a9, jusqu'au moment de trouver la combinaison qui mène à la position 9. La réversibilité des actions dans un espace d'action est la manifestation d'une structure d'ensemble dans celui-ci, et constitue en propre une compétence. J'y reviendrai dans un instant. La connaissance de l'algorithme permettrait ici de sélectionner, de composer, directement la suite d'opérateurs a3a9.

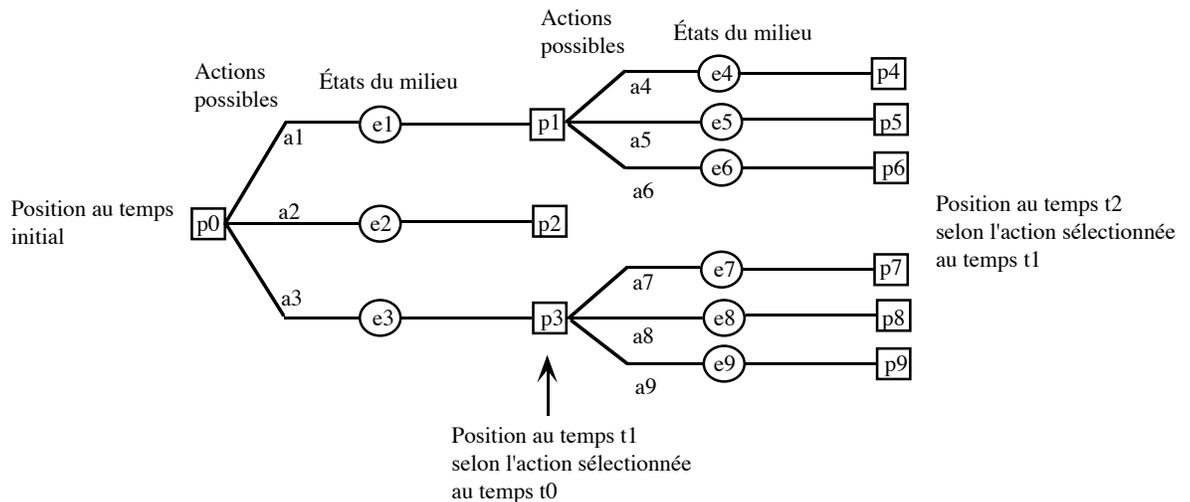


Figure 5. Représentation de l'espace d'une tâche 1

Ce continuum porte sur la généralité des méthodes utilisées, sur leur souplesse et sur leur rendement. L'algorithme déterministe est le guide le plus économique pour l'action, mais il est aussi le plus spécialisé, le moins souple, le moins mobile. À l'opposé, le tâtonnement aveugle bénéficie d'une souplesse

maximale, puisque le générateur qui le produit n'est pas bloqué par l'accumulation des engagements passés, et qu'il peut donc s'accommoder à toute nouvelle situation. Mais cette absence de connaissances accumulées fait sa faiblesse lorsqu'il s'agit de guider une action précise dans un milieu stable, puisque tout doit être construit à partir de presque rien, alors qu'il serait plus efficace de recourir à une préparation de l'action en fonction des régularités du milieu. Examinons un instant ce que l'intelligence artificielle nous dit sur ces méthodes et sur leur rapport à la connaissance, c'est-à-dire aux propriétés représentationnelles des agents.

La forme première de la recherche dans un espace d'action est celle du « *generate and test* ». Fondamentalement, chercher, c'est créer puis évaluer des solutions. Selon Newell

*It is the very groundwork within which all other activities are to be understood. For instance, all of the methods used in artificial intelligence are at bottom search methods, built up as further specifications on generate and test. Means-ends analysis, hill climbing, progressive deepening, constraint propagation—all are search methods of one kind or another. And are built on generate and test*¹³³.

Lorsque la connaissance qu'un agent possède de l'espace de la tâche est minimale, cet agent dispose de peu de critères, ou même d'aucun, pour distinguer les branches les unes des autres dans l'arbre des possibles. Il ne sait pas quels trajets mènent aux états désirés. La meilleure stratégie d'action disponible est alors celle de la recherche par tâtonnement à l'intérieur des possibilités ouvertes par les engagements antérieurs dans l'arbre. L'agent crée de nouveaux états plus ou moins au hasard (c'est-à-dire sans aucun indice préalable de réussite) puis évalue si ceux-ci correspondent aux états désirés. C'est le *generate and test* que Newell décrit de la façon suivante : « *Generate in*

¹³³ Newell (1990), p. 97.

*any way possible (e.g. systematically or haphazardly) a sequence of candidate states, testing each for whether it is the desired state*¹³⁴ ». L'acquisition de connaissances sur l'espace de la tâche a pour effet de réduire la nécessité du tâtonnement non informé, de le reléguer à un rôle d'ajustement local de plus en plus marginal. La connaissance permet d'éviter certaines branches inutiles ou dangereuses, et d'en privilégier d'autres plus favorables. Le tâtonnement ne prend plus place dès lors qu'à l'intérieur du sous-espace ainsi privilégié. La connaissance est « anticombinatoire ». Les différentes méthodes de recherche mobilisent chacune à leur façon une certaine quantité de ces connaissances constitutives de l'espace d'action pour réduire le nombre de branches de l'espace de la tâche devant être examinées, pour éviter les erreurs et pour rendre plus probable le résultat des actions.

Il ne faut pas voir dans ce rôle attribué à la connaissance une présupposition ontologique sur la réalité du déterminisme universel. Simon écrit : « *Effective problem solving involves extracting information about the structure of the task environment and using that information for highly selective heuristic searches for solutions*¹³⁵ ». Pour que cette stratégie d'extraction d'information sur l'environnement de l'action fonctionne, cet environnement doit contenir un ordre accessible aux agents :

*Symbol systems cannot appear intelligent when they are surrounded by pure chaos. They exercise intelligence by extracting information from a problem domain and using that information to guide their search, avoiding wrong turns and circuitous bypaths. The problem domain must contain information—for the method to work*¹³⁶.

Dans un milieu instable et imprévisible pour lui, la seule méthode « efficace » que peut utiliser un agent reste le *generate and test*, c'est-à-dire le tâtonnement

¹³⁴ Newell (1980), p. 65.

¹³⁵ Simon (1978a), p. 277.

minimalement informé. Mais rien n'assure que cette méthode permettra de trouver quoi que ce soit. C'est donc dire qu'il y a place pour un indéterminisme fondamental devant lequel la stratégie d'acquisition et d'utilisation de connaissances pourrait rester impuissante. Une autre conclusion que l'on peut tirer est que, selon la connaissance que l'agent possède de son milieu, toutes les méthodes ne lui sont pas accessibles, et toutes ne sont pas aussi efficaces ou rentables.

Au-delà du *generate and test*, une méthode importante et plus organisée de tâtonnement est le *hill-climbing*, que Laird et Newell décrivent de la façon suivante :

The method itself consists of applying operators to the current point in the space to produce adjacent points, finally selecting one point that is higher on the evaluation function and making it the new current point. The behavior is repeated until there is no point that is higher, and this final point is taken to attain the goal ¹³⁷.

Cette heuristique peut être vue comme une méthode d'optimisation lorsqu'elle fonctionne dans un paysage adaptatif stable, ou comme une méthode de régulation adaptative dans un milieu mouvant, celle-ci entretenant alors la poursuite indéfinie d'une valeur d'équilibre toujours changeante, assurant du même coup le déplacement de l'agent dans son espace d'action en fonction des transformations de son paysage adaptatif. Les propriétés « majorantes » de cette méthode la rendent particulièrement pertinente pour tous les systèmes adaptatifs, à la condition bien sûr que le relief topographique du paysage adaptatif, c'est-à-dire de l'espace de la tâche, ne comporte pas de plateaux, de maximum locaux et de crevasses. La force du *hill-climbing* est de ne prendre en compte que des informations locales, ce qui évite la nécessité de traitements

¹³⁶ Newell et Simon (1976/1981), p. 65.

¹³⁷ Laird et Newell (1983), p. 248.

complexes. La méthode peut être mise en action par des mécanismes très simples. Mais cette myopie fait également sa faiblesse, puisqu'un processus de *hill-climbing* n'offre tout simplement aucun moyen de savoir si un maximum global est atteint ou si la recherche est bloquée loin de ce maximum par un aspect adverse du relief topographique. L'une des façons de remédier à cette faiblesse est de mener l'exploration sur plusieurs fronts en parallèle de manière à obtenir des informations plus globales sur l'espace de la tâche et sur les moyens pour réussir dans cet espace. C'est ce que fait le système génétique de toutes les populations d'objets vivants, qui ne comptent jamais que sur une seule lignée, une seule voie d'exploration. L'un des intérêts du *hill-climbing* est de fournir une solution de principe à la régression infinie d'un agent à l'autre et d'une méthode à l'autre, puisqu'elle est mise en œuvre spontanément, sous forme de reproductivité différentielle, par toute population d'éléments autoréproducteurs et automodificateurs. Quant à l'origine ultime des éléments premiers et de leurs propriétés, un simple *generate and test* physico-chimique spontané (et un petit milliard d'années...) peut suffire à les expliquer. Le *hill-climbing* de la sélection naturelle est la méthode originelle, celle qui, après les avoir construites, a jugé que d'autres méthodes pouvaient être utiles dans certaines circonstances, qui ont à leur tour elles-mêmes construit d'autres méthodes plus « puissantes » lorsque le milieu s'y prêtait, et ainsi de suite.

Des méthodes plus spécialisées, c'est-à-dire reliées à des contenus particuliers et mobilisant des connaissances plus profondes sur le milieu, permettent de rendre l'action encore plus efficace en réduisant l'ampleur de la recherche à effectuer. Dans le chapitre suivant, nous approfondirons cette affirmation. À l'extrême limite, l'action peut être guidée par un algorithme déterministe optimisé (une action totalement informée quant à la façon de réussir une tâche donnée), et la marge d'accommodation peut être réduite à zéro. La plupart du temps, un agent de rationalité limitée agit dans un monde plus ou moins incertain, et doit donc recourir à un tâtonnement plus ou moins large pour réussir.

Une autre façon de voir l'espace des méthodes, celle de l'approche structurale de Piaget, consiste à situer les méthodes en fonction du type de structure de guidage de l'action qu'elles impliquent¹³⁸. Encore une fois, on peut voir la géométrie de cet espace sous la forme d'un continuum de méthodes où le passage de la stratégie de tâtonnement par essais et erreurs et de correction après coup à la méthode de précorrection anticipative marque la construction d'un espace d'action aux propriétés particulières, celles de la structure de régulation opératoire de Piaget :

[...] dans tous les domaines, une structure qui finit par acquérir un caractère bien réglé ou logico-mathématique (une structure de « groupe », par exemple) débute par une phase simple de régulation, c'est-à-dire de construction par essais et erreurs dont les corrections s'effectuent grâce à des feedbacks [...] C'est ensuite, une fois la structure suffisamment équilibrée, que le jeu des opérations réversibles se substitue aux régulations initiales : la correction en fonction des seuls résultats est alors remplacée par une précorrection anticipative portant sur les actions en cours et le système à boucle aboutit ainsi à un système d'opérations directes et inverses dont le réglage ne fait plus qu'un avec son activité constructive¹³⁹.

La théorie des méthodes ou machines abstraites à laquelle je fais référence ici accorde une place considérable aux considérations de rendement, du moins sous la plume de Minsky et Papert¹⁴⁰. Le *generate and test* est capable en principe d'atteindre n'importe quel but possible dans l'univers. En pratique, il peut en atteindre fort peu, sauf s'il dispose de ressources infinies (y compris un temps infini), à cause de l'explosion combinatoire du nombre de positions qu'il

¹³⁸ Piaget (1947, 1968, 1970).

¹³⁹ Piaget, (1970), p. 335.

¹⁴⁰ Minsky et Papert (1969/1988).

doit tester dans l'espace de la tâche, explosion qui se déploie avec d'autant plus d'ampleur que le but à atteindre est éloigné du point de départ. Les études en intelligence artificielle sont à leur meilleur lorsqu'elles arrivent à transposer les questions qualitatives en rapport avec la difficulté des tâches dans l'esprit de la théorie de la complexité computationnelle, dont Minsky et Papert nous donne ici une idée :

*Much of the theory of computational complexity is concerned with questions of scale. If it takes 100 steps to solve a certain kind of equation with four terms, how many steps will it take to solve the same kind of equation with eight terms? Only 200, if the problem scales linearly. But for other problems it will take not twice 100 but 100 squared*¹⁴¹.

Avec cette transposition, on a un outil pour théoriser (expliquer et prévoir) le rendement des méthodes face à des tâches particulières, comme je l'ai moi-même fait dans mon mémoire de maîtrise pour l'espace de la tâche d'un jeu de stratégie utilisé à une certaine époque dans les cours à l'École des HEC de Montréal¹⁴². J'ai déjà rapporté que pour Minsky et Papert l'étude du rendement des méthodes est fondamentale. Voyons comment ils présentent cette idée :

In the examination of theories of learning and problem solving, the study of such growths in cost is not merely one more aspect to be taken into account; in a sense, it is the only aspect worth considering. This is because so many problems can be solved "in principle" by exhaustive search through a suitable space of states. Of course, the trouble with that in practice is that there is usually an exponential increase in the number of steps required for an exhaustive search when the scale of the problem is enlarged. Consequently, solving toy problems by methods

¹⁴¹ Minsky et Papert (1969/1988), p. 262.

¹⁴² Voir Dupuis (1996).

*related to exhaustive search rarely leads to practical solutions to larger problems*¹⁴³.

Le continuum qui va du tâtonnement à l'algorithme optimal ordonne les méthodes selon leur rendement pour une tâche donnée. Ce qui accroît le rendement des méthodes sur ce continuum, c'est la connaissance de plus en plus précise de la tâche que les méthodes reflètent lorsque l'on se dirige vers l'algorithme optimisé (c'est également vrai du continuum piagétien). Mais il n'existe pas une telle chose qu'un algorithme optimal universel, capable d'effectuer toutes les tâches possibles de façon optimale. Si les méthodes heuristiques peu informées comme le *hill-climbing* sont presque universelles, le domaine d'application des algorithmes est toujours étroit. Un agent qui exploite efficacement les différentes ressources du milieu mettra donc nécessairement en action non pas une seule méthode, mais une composition de méthodes, générales comme spécialisées. Cet agent doit alors également mettre en action des méthodes efficaces de composition de méthodes. Comme ces méthodes de composition sont soumises au même impératif de rendement que les autres méthodes, différentes méthodes de composition spécialisées doivent être mises en action pour composer les méthodes d'action spécialisées. Il faut alors des méthodes de composition de méthodes de composition pour coordonner le tout. Chacune de ces méthodes spécialisées travaille dans un domaine relativement étroit, ce qui limite les connaissances dont doit disposer chacune d'entre elles, et limite du même coup la complexité de la machine matérielle nécessaire pour mettre en action chacune des méthodes. Marvin Minsky ébauche la théorie du

¹⁴³ Minsky et Papert (1969/1988), p. 262. C'est là l'un des principaux messages que ces deux *vieux sages* que sont les (ex-) mathématiciens Marvin Minsky et Seymour Papert, tous les deux ont dépassé le cap des soixante-dix ans, adressent aux jeunes informaticiens et physiciens qui se sont lancés tête baissée dans la vague connexionniste : « *As we pointed out above, perceptrons of sufficiently large order can represent any finite predicate. A better description of what we did is that, in certain cases, we established the computational costs of what perceptrons can do as a function of increasing problem size. The authors of PDP [le livre culte des connexionnistes, Parallel Distributed Processing, Rumelhart, McClelland et al., MIT Press, 1986] show little concern for such issues, and usually seem content with experiments in which small multilayer networks solve particular instances of small problems* » Minsky et Papert, 1969/1988, p. 265.

fonctionnement d'une telle organisation, d'une telle société de machines dans son ouvrage *The Society of Mind*.

Les méthodes les plus souples et les plus générales, celles qui font appel à une grande part de tâtonnement, sont les plus intéressantes à étudier d'un point de vue interdisciplinaire. Leur généralité fait en sorte qu'elles sont celles qu'on retrouve au fondement des choix de la plus grande variété d'agents et de contextes différents. Elles sont nécessairement au fondement de toute construction de connaissances par les systèmes compétents, car sans connaissance il n'y a pas d'autres solutions que le tâtonnement. Comme l'ignorance est l'un des principaux problèmes des systèmes compétents, une grande partie d'entre eux mobilisent des méthodes qui font une grande place aux tâtonnements. Nous reprendrons l'étude de cette question dans le chapitre suivant. Poursuivons pour le moment notre étude de l'explication dans les sciences de la cognition, avec le travail de John Haugeland.

3.6 Le réductionnisme dans les sciences de la cognition

Comme plusieurs auteurs, Haugeland situe le point de départ logique d'une explication en sciences de la cognition dans le repérage de ce qu'il appelle une « boîte noire intentionnelle », c'est-à-dire dans une interprétation intentionnelle¹⁴⁴. Selon cet auteur, on peut parler d'une interprétation intentionnelle quand les extrants d'un système prennent une signification dans le contexte de ses intrants. Plus précisément, on a affaire à une interprétation intentionnelle, selon Haugeland, lorsque les caractéristiques suivantes sont présentes :

An object is interpreted as an intentional black box (an IBB) just in case:

¹⁴⁴ Je discute ici de Haugeland (1977/1981).

- i. an intentionally interpreted articulated typology is specified relative to the causal influences of its environment on it—resulting quasilinguistic representations being inputs;*
- ii. likewise for outputs, relative to its causal influences on its environments; and*
- iii. it is shown empirically that under the interpretations the actual outputs consistently make reasonable sense in the context (pattern) of actual prior inputs and other actual outputs*¹⁴⁵.

Le point *iii* est moins problématique qu'il ne semble l'être à première vue. Il correspond simplement à l'idée de compétence telle que je l'ai développée jusqu'ici. Cette condition reflète l'idée qu'on ne peut construire la théorie d'une compétence manifestée par un agent dans le réglage de ses rapports au milieu sans construire simultanément une théorie de ce milieu, si une telle théorie n'existe pas déjà, de même qu'une représentation de toutes les actions possibles dans ce milieu, ce que j'ai appelé un espace de la tâche en m'inspirant de Newell et Simon. Pour avoir une interprétation de rationalité limitée, il faut en plus construire une représentation de l'espace d'action, le « *problem space* » de Newell et Simon, que l'agent maîtrise réellement. Cette exigence que « *the actual outputs consistently make reasonable sense in the context (pattern) of actual prior inputs and other actual outputs* » revient à celle de pouvoir situer les intrants et les extrants de la boîte noire intentionnelle dans la représentation d'un espace d'action.

L'explication dans les sciences de la cognition porte sur cette compétence (« *dispositions or abilities* ») que manifeste une boîte noire intentionnelle. Quelle forme prend cette explication ? D'abord celle d'une décomposition, ou réduction, des compétences de la boîte noire. Selon Haugeland, il faut envisager

¹⁴⁵ Haugeland (1977/1981), p. 256.

au moins deux types de réduction, selon qu'on demeure au plan de la seule sémantique construite pour mettre au jour la BNI (les connaissances et les buts de l'agent, l'espace de la tâche et l'espace d'action de l'agent, dans la terminologie que je propose dans la présente thèse) ou qu'on « désinterprète » celle-ci. Voyons d'abord ce que cette importante distinction signifie. Le premier de ces deux types d'explication consiste, selon Haugeland, en la mise au jour d'un système de traitement de l'information (*Information Processing Systems*) :

*If one can systematically explain how an IBB works, without “de-interpreting” it, it is an information processing system (an IPS). By “without de-interpreting,” I mean explaining its input/output ability in terms of how it would be characterized under the intentional interpretation, regardless of whatever other descriptions might be available for the same input and output behavior*¹⁴⁶.

Dans cet extrait comme dans la plupart de ses utilisations, l'expression « *information processing system* » n'est pas sans ambiguïté et sans difficulté. Dans *Human Problem Solving*, Newell et Simon utilisent cette expression comme synonyme de système de manipulation de « symboles » ou « système symbolique physique », système dont ils décrivent les caractéristiques de la façon suivante :

An IPS is a system consisting of a memory containing symbol structures, a processor, effectors, and receptors [...] 1. There is a set of elements, called symbols. 2. A symbol structure consists of a set of tokens (equivalently, instances or occurrences) of symbols connected by a set of relations. 3. A memory is a component of an IPS capable of storing and retaining symbol structures. 4. An information process is a process that has symbol structures for (some of) its inputs or outputs. 5. A processor is a component of an IPS consisting of: (a) a (fixed) set of

¹⁴⁶ Haugeland, (1977/1981), p. 258.

elementary information processes (*eip's*); (b) a short-term memory (*STM*) that holds the inputs and outputs symbol structures of the *eip's*; (c) an interpreter that determines the sequence of *eip's* to be executed by the *IPS* as a function of the symbol structures in *STM*. 6. A symbol structure designates (equivalently, references or points to) an object if there exist information processes that admit the symbol structure as input and either: (a) affect the object; or (b) produce, as output, symbol structures that depend on the object. 7. A symbol structure is a program if (a) the object it designates is an information process and (b) the interpreter, if given the program, can execute the designated process. (Literally this should read, "if given an input that designates the program.") 8. A symbol is primitive if its designation (or its creation) is fixed by the elementary information processes or by the external environment of the *IPS* ¹⁴⁷.

Le point important dans cette description est probablement l'idée que la machine de traitement de l'information manipule des symboles que nous pouvons interpréter comme faisant référence à des objets appartenant à notre univers de signification. La machine de traitement de l'information peut travailler directement, sous forme de système formel interprété, avec les catégories d'une interprétation intentionnelle que nous formulons pour rendre compte de la compétence de la machine. Compte tenu de cette description du système de traitement de l'information, la proposition de Haugeland signifie probablement que lorsque l'on explique ou que l'on met en action une compétence sous la forme d'un système de traitement de l'information, les connaissances et les buts constituant le modèle de cette compétence se retrouvent *représentés* tels quels, aux yeux de l'interprète, dans les structures symboliques et les processus de manipulation de symboles d'un système symbolique physique (*IPS*). Le modèle de la compétence est donc simplement traduit sous la forme d'un système formel automatisé.

¹⁴⁷ Newell et Simon (1972), p. 20-21.

3.7 De l'analyse fonctionnelle à l'explication causale

Lorsque Haugeland parle d'une explication systématique, dans le dernier extrait cité, il décrit en fait une explication par décomposition en sous-éléments puis recombinaison pour restituer les propriétés du tout, c'est-à-dire un holisme faible¹⁴⁸. Selon Haugeland, les explications cognitivistes sont systématiques dans ce sens. Voyons comment il nous présente les choses :

objects with abilities that get systematically explained must be composed of distinct parts, because specifying interactions is crucial to the explanation, and interactions require distinct interactors. Let a system be any object with an ability that is explained systematically, and functional components be the distinct parts whose interactions are cited in the explanation. In a system, the specified structure is essentially the arrangements of functional components such that they will interact as specified; and the specified abilities of the components are almost entirely the abilities to so interact, in the environment created by their neighboring components. Note that what counts as a

¹⁴⁸ Simon (1996, p. 170-172) : « *Holism can be given weaker or stronger interpretations. Applied to living systems, the strong claim that “the putting together of their parts will not produce them or account for their characters and behaviors” implies a vitalism that is wholly antithetical to modern molecular biology. Applied to minds in particular, it is used to support both the claim that machine cannot think and the claim that thinking involves more than the arrangement and behavior of neurons. Applied to complex systems in general, it postulates new properties and relations among subsystems that had no place in the system components; hence it calls for emergence, a “creative” principle. Mechanistic explanations of emergence are rejected. In a weaker interpretation, emergence simply means that parts of a complex system have mutual relations that do not exist for the parts in isolation [...] this weak form of emergence poses no problems for even the most ardent reductionist [...] By adopting this weak interpretation of emergence, we can adhere (and I will adhere) to reductionism in principle even though it is not easy (and not even computationally feasible) to infer rigorously the properties of the whole from the knowledge of the properties of the parts. In this pragmatic way, we can build nearly independent theories for each successive level of complexity, but at the same time, build bridging theories that show how each higher level can be accounted for in terms of the elements and relations of the next level below* ».

*system, and as its functional components, is relative to what explanation is being offered*¹⁴⁹.

Ce type d'explication consiste en la décomposition - recombinaison fonctionnelle de la compétence manifestée par une BNI. Cette décomposition, ou réduction, bâtit une hiérarchie de sous-systèmes et de sous-compétences, chaque niveau de compétence étant expliqué par les compétences interactionnelles des éléments qui le composent :

*a systematic reduction of the higher system in a systematic hierarchy would involve systematic explanations of the specified interactive abilities of its functional components; and perhaps likewise for reduction of those and so on. Only at the lowest level would systematic reductions be a different style of explanation*¹⁵⁰.

Expliquer la compétence d'un agent par un système de traitement de l'information, c'est donc effectuer une décomposition fonctionnelle de cette compétence de telle façon que chaque composante fonctionnelle soit elle-même considérée comme une BNI qu'il faut à son tour expliquer par un système de traitement de l'information sans quitter la sémantique (l'espace d'action) de la boîte noire du plus haut niveau : « *all the interpretations of the components IBBs must be, in a sense, the same as that of the overall IBB (=the IPS). The sense is that they must all pertain to the same subject matter or problem* »¹⁵¹.

La décomposition fonctionnelle sous forme de systèmes de traitement de l'information revient à invoquer l'analyse « simplifiante » puis la synthèse « recomposante » d'un même espace d'action :

¹⁴⁹ Haugeland (1977/1981), p. 248.

¹⁵⁰ Haugeland (1977/1981), p. 251.

¹⁵¹ Haugeland (1977/1981), p. 259.

*An argument or rationale for a solution to a problem amounts to a decomposition of the problem into easier subproblems, plus an account of how all the subsolutions combine to yield a solution to the overall problem [...] The point is that the separate IBB components of the IPS can be regarded as solving the easier subproblems, and their interactions as providing the combinaison necessary for coming up with the overall solution*¹⁵².

On pourrait peut-être soutenir que l'analyse fonctionnelle est la forme que prend la démarche réductionniste lorsqu'elle est appliquée à l'explication des compétences. Ces compétences sont abordées comme des propriétés émergent de la composition de compétences plus limitées, de façon à ne pas les faire sortir du vide. Cellérier exprime bien cette idée :

L'analyse et la synthèse fonctionnelle ont pour objet la décomposition et la composition de l'« émergence » de propriétés du tout, irréductibles à celles de ses composantes prises isolément. Cette émergence n'a rien de spontané ni aucun caractère *ex nihilo* métaphysique ou transrationnel. Elle résulte de l'agencement des composantes calculé à cet effet ou sélectionné après coup¹⁵³.

Ce premier type d'explication n'est pas le seul en sciences de la cognition. Il existe une autre forme d'explication, complémentaire à la première, consistant à « désinterpréter », à un niveau ou à un autre de la décomposition

¹⁵² Haugeland (1977/1981), p. 260.

¹⁵³ Cellérier (1992a, p. 220). Pour le lecteur peu familier avec l'analyse fonctionnelle, qu'on me permette une autre citation, de Pierre Jacob (1997, p. 126) cette fois, qui rapporte comment la philosophie de l'esprit conçoit celle-ci : « Selon Cummins (1975) en particulier, et selon la perspective fonctionnaliste dans la philosophie de l'esprit en général, fournir une analyse fonctionnelle consiste à montrer comment un système complexe *S* a la capacité d'accomplir une tâche elle-même complexe en l'analysant (ou en la décomposant) en tâches de plus en plus simples qui à la limite peuvent être accomplies par des constituants primitifs et inintelligents du système complexe ». L'article auquel fait référence Jacob est Cummins, R. (1975), « Functional Analysis » reproduit dans Sober, dir., (1984), *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*, an *Anthology*, MIT Press.

fonctionnelle, les compétences des boîtes noires intentionnelles : « *By definition, IPS explanation does not involve de-interpretation. Explanation of an IBB's input/output ability that involve de-interpretation I call explanation by instantiation* ». Il existe deux variétés de ce type d'explication par « désinterprétation ». Il y a d'abord l'explication par le passage à une autre sémantique, à un autre espace d'action. Haugeland parle dans ce cas d'une « *intentional instantiation* ». La compétence d'un agent est alors expliquée non plus en la décomposant puis en la recomposant comme dans l'analyse fonctionnelle, mais en établissant un isomorphisme entre elle et un système de traitement de l'information portant sur des significations d'un autre ordre que celui de la compétence à expliquer. Haugeland illustre cette double opération de désinterprétation et de réinterprétation par l'exemple du joueur d'échecs informatique :

*computer-based chess players are generally written in a programming language called LISP, in which the inputs and outputs of program components are interpreted as operations on complex lists. So interpreted, these components are IBBs, but their subject matter is not chess. What happens, however, is that the input/output constraint (cogency conditions) on the lower level components in the chess related hierarchy are isomorphic to the constraints on IBBs built up in LISP. Thus, the required abilities of bottom-level chessplayer components can be explained by de-interpreting (or re-interpreting) them as IBBs solving problems about list-structure—IBBs which can then be understood as IPS's working through the rationale for the LISP problem*¹⁵⁴.

En informatique théorique, il existe ainsi plusieurs strates intentionnelles qui vont de la compétence dans l'espace d'action à l'étude (le jeu d'échecs, par exemple) jusqu'à la strate des circuits logiques. Comme toutes ces strates

¹⁵⁴ Haugeland (1977/1981), p. 263.

doivent être ultimement implantées dans un système matériel, un autre type de désinterprétation est nécessaire pour les ancrer dans les strates physiques (en informatique, ce serait dans les strates des composants électroniques et des circuits électriques). L'explication ne passe plus alors par un système de traitement de l'information, mais par une explication matérialiste-causale. Une BNI comme l'opération logique de conjonction (« et »), par exemple, peut être implantée dans un circuit électrique. Pour expliquer cette propriété que présente le circuit électrique, on ne fera plus appel à une décomposition supplémentaire en sous-éléments qui seraient encore des boîtes noires intentionnelles, mais simplement aux propriétés physiques des composants et du circuit électrique que ceux-ci composent. Nous n'avons plus affaire alors à un système de traitement de l'information, mais à un système causal. L'opération de désinterprétation consiste ici à mettre en correspondance une BNI et un système causal.

Il s'agit maintenant d'éclaircir le rapport entre la décomposition en système de traitement de l'information, qui implique une continuité dans les significations, et l'opération de désinterprétation-réinterprétation, qui implique une rupture sémantique. Voyons comment Haugeland décrit ce rapport :

It is easy to confuse the maneuver of explaining an IBB by intentional instantiation with that of explaining it as an IPS. The essential difference is the re-interpretation—or, intuitively, the change in subject matter. Since I have already use “change of level” to describe the move from IPS to its separate components, I will use “change of dimension” to describe the move of de-/re-interpretation involve in instantiation. One can think of the many dimensions in a sophisticated “system” as forming a hierarchy, but dimension hierarchies should not be confused with the earlier level hierarchies. There can be different level hierarchies on different dimensions, but they are “orthogonal” rather than sequential. That is, it's a mistake to think of the lowest level

*on one dimension as a higher level than the highest level on a lower dimension. Thus, an and-gate is not a higher level component than a disk memory; they are components on different dimensions, and hence incomparable as to level*¹⁵⁵.

L'action de décomposition-recomposition fonctionnelle permet d'approfondir et de systématiser la théorie que l'on se fait d'une compétence, d'approfondir notre représentation de l'espace de la tâche et de l'espace d'action de l'agent dont on tente d'interpréter et de simuler les conduites. Elle nous permet d'établir l'ensemble des connaissances et des relations de moyens à fins que l'agent doit posséder pour bénéficier d'une compétence donnée. Quant à la démarche de désinterprétation-réinterprétation, elle contribue plutôt à l'explication de la mise en action de cette compétence par un système matériel et causal. Elle contribue à la mise en correspondance du cadre subjectiviste et du cadre matérialiste-causal, un autre aspect important des balises introduites par les sciences de la cognition dans l'étude des propriétés téléoreprésentationnelles.

Le premier niveau de Marr, l'analyse de la tâche chez Newell et Simon, l'espace de la tâche dans ma proposition, correspondent à peu près tous les trois au niveau où l'interprète se représente une compétence, où il établit quelle doit être la relation entre les intrants et les extrants d'une boîte noire intentionnelle pour que cette relation prenne un sens raisonnable et systématique. À ce niveau, c'est l'analyse fonctionnelle qui permet d'établir ce que l'agent doit savoir faire pour réussir, les moyens qu'il doit savoir utiliser, les connaissances qu'il doit pouvoir mobiliser. Cette analyse ne met pas au jour seulement les conditions nécessaires de la compétence, mais également ses conditions suffisantes, parce que différents moyens peuvent éventuellement fournir une même compétence. L'espace d'action de l'agent est, dans ma proposition, un sous-ensemble de l'espace de la tâche que l'agent maîtrise effectivement. Ce ne peut être autre chose si l'agent bénéficie d'une compétence vis-à-vis de la tâche étudiée.

¹⁵⁵ Haugeland, (1977/1981), p. 263.

L'espace du problème de Newell et Simon entretient un rapport un peu différent avec l'environnement de la tâche. Il serait la représentation que se fait le sujet de l'environnement en lui-même (le *Ding an sich*), indépendamment de l'interprète. En d'autres mots, Newell et Simon placent sur un même pied, par rapport au *Ding an sich*, la représentation de l'environnement que se fait l'interprète et celle que s'en fait le sujet. L'idée est d'éviter de placer systématiquement l'interprète en possession de la vérité objective. L'interprète doit découvrir l'environnement de la tâche en même temps qu'il tente de mettre au jour l'espace du problème qu'utilise le sujet. Mais cela ne change rien au fait que lorsqu'il construit son interprétation, c'est bien l'interprète qui projette un espace d'action sur l'agent, et qu'il ne peut le faire que dans la mesure où il projette également un espace de la tâche, et qu'au moins une partie des éléments de l'espace d'action recoupe les éléments de cet espace de la tâche, sans quoi nous n'avons tout simplement plus affaire à l'explication d'une compétence.

Ce que j'ai appelé les étages d'un modèle chez Newell et Simon reflète l'idée, courante en informatique théorique et en intelligence artificielle, d'un système stratifié en couches de propriétés distinctes. Notez qu'il s'agit bel et bien de couches de propriétés. C'est le même système physique, un ordinateur par exemple, qui est susceptible d'une décomposition de ses propriétés en strates. Cette stratification joue un rôle important dans l'explication téléoreprésentationnelle telle qu'on la pratique dans les sciences de la cognition. Elle est la manifestation de la démarche réductionniste. Elle est la forme concrète prise par les efforts de coordination des cadres intentionnel et causal, et par les efforts de réduction des propriétés complexes aux propriétés simples.

L'obligation de reconstitution génétique me semble être une conséquence de l'application de la démarche réductionniste à l'étude des compétences. Dans un sens, en effet, elle est un volet de la décomposition fonctionnelle. Elle est la prise en compte du rôle du constructeur de l'agent dans l'élaboration d'une compétence, dans la réalisation des conditions de possibilité de cette

compétence. Le constructeur possède toujours une fonction dans l'accomplissement de la tâche à accomplir, dans ce sens que les moyens utilisés pour accomplir une tâche doivent être eux-mêmes construits. La démarche réductionniste consiste à décomposer les compétences, des plus complexes aux plus simples, sans jamais les faire reposer sur le vide, en partant des compétences complexes pour se rendre aux compétences les plus simples, les plus étroites, et les plus faciles à expliquer algorithmiquement et matériellement. Ou à l'inverse, on se demandera comment faire émerger une compétence en partant d'une quasi-absence de compétence, l'idée étant toujours qu'il ne peut y avoir de constitution de compétences à partir de rien et qu'on explique ce qu'on ne comprend pas en ayant recours à ce que l'on comprend.

3.8 Les démarches de formalisation dans les sciences de la cognition

Penchons-nous sur les méthodes utilisées dans les sciences de la cognition. Nous avons vu aussi bien chez Marr que chez Newell et Simon l'obligation de la construction, sous forme de programmes, d'une machine dont les conduites manifestent la compétence étudiée. Un texte de 1962 de Seymour Papert nous donne l'esprit dans lequel les pionniers de l'intelligence artificielle se sont imposés cette obligation de « réalisabilité » sous forme de modèles mécanistes :

Deux sortes de sur-simplifications du problème de l'intelligence sont à la mode. La première consiste à se permettre un style littéraire en se servant constamment des façons de parler telles que « le sujet prend conscience »..., « se rend compte »..., « adopte la stratégie »..., etc. comme si tout le monde les comprenait sans plus, alors que le problème essentiel, c'est précisément d'expliquer les processus auxquels veulent se référer ces expressions. L'autre consiste à étudier des réactions isolées et simples, par exemple celles du type S-R, sous prétexte que l'intelligence doit se réduire en fin de compte à un

ensemble, peut-être très vaste, de ces réactions. Chacune de ces tendances a donné lieu à des études fructueuses et valables, mais ces études, qui ne traitent qu'une partie du problème à la fois, laissent toujours ouverte la possibilité qu'un côté de l'intelligence soit réfractaire à l'analyse scientifique. Les déficiences complémentaires propres à ces deux perspectives nous imposent la méthode d'analyse de notre étude. Pour éviter les « psychologismes » et les cercles vicieux de la première, nous nous interdirons d'employer aucune notion, ni de faire appel à aucun processus que nous ne pourrions définir pour un robot non vivant. Il nous semble, du reste, comme allant de soi qu'une théorie complète de l'intelligence humaine nous mettrait nécessairement en état de construire des robots qui seraient dotés de la même intelligence que nous. La transposition du problème à la théorie des robots intelligents nous permettra également de voir les possibilités, ainsi que les limites de la thèse selon laquelle on peut ramener la théorie de l'intelligence à l'étude d'un ensemble de simples conduites. Ce qui est faux dans cette thèse n'est pas que les réactions dont a besoin l'intelligence sont autres que très simples, prises une à une, mais que l'ensemble est très loin d'être simple et que la thèse ignore donc le problème central de l'intelligence qui est de comprendre la structure de cet ensemble¹⁵⁶.

¹⁵⁶ Papert (1962), p. 134-135. Clark Hull (1943, p. 27-28) avait déjà exprimé de façon similaire l'exigence de réalisation mécaniste comme antidote vis-à-vis des facilités illusives du holisme métaphysique : « *Regard [...] the behaving organism as a completely self-maintaining robot, constructed of materials as unlike ourselves as may be. In doing this it is not necessary to attempt the solution of the detailed engineering problems connected with the design of such a creature. It is a wholesome and revealing exercise, however, to consider the various general problems in behavior dynamics which must be solved in the design of a truly self-maintaining robot [...] The temptation to introduce an entelechy, soul, spirit, or daemon into a robot is slight; it is relatively easy to realize that the introduction of an entelechy would not really solve the problem of design of a robot because there would still remain the problem of designing the entelechy itself, which is the core of the original problem all over again. The robot approach thus aids us avoiding the very natural but childish tendency to choose easy though false solutions to our problems, by removing all excuses for not facing them squarely and without evasion* ». Hull, comme les autres béhavioristes, se trouve toutefois dans la ligne de mire de Papert à propos de la structure d'ensemble.

On trouve chez Minsky une proposition sur la forme générale de la description des machines consistant en deux fonctions de transition F et G :

$$R(t+1) = F(Q(t), S(t)) \quad \text{et} \quad Q(t+1) = G(Q(t), S(t))$$

où $R(t+1)$ est la réponse de la machine au temps $t+1$,

$Q(t+1)$ est l'état interne de la machine au temps $t+1$. $Q(t)$ peut prendre les valeurs q_1, \dots, q_p ,

$S(t)$ est le signal d'entrée au temps t ¹⁵⁷.

En intelligence artificielle, on construit très souvent les machines abstraites à l'aide d'un langage de programmation qu'une machine programmable peut exécuter. C'est le programme qui réalise alors l'algorithme de calcul des états et réponses futures de la machine. On modélisera, par exemple, les conduites d'un thermostat à la façon de Newell et Simon¹⁵⁸ :

thermostat:

1. observe-temperature,
 - if <70° go to 2,
 - if >72° go to 4,
 - otherwise go to 1;
2. test if furnace-on,
 - if true go to 1;

¹⁵⁷ De la discussion de Minsky (1967) sur cette représentation abstraite de la machine, abstraite en ceci qu'elle évacue les aspects énergétique et matériel, je retiendrai le commentaire suivant (p. 17) : « *The two functions or relations F and G give us as complete a description of the machine as we could possibly want, so long as we remain unconcerned about what actually happens inside the black box. For, suppose that we are told the internal state $Q(t)$ of the machine at a certain time t and also the sequence $S(t), S(t+1), S(t+2)$, etc., of stimuli that it is to receive from that time on. Then relations F and G tell us what output $R(t+1)$ to expect at next moment $t+1$ and also the internal state $Q(t+1)$ the machine will have at that time. Using this latter fact and relations F and G again, we can determine the output and internal state at $t+2$. We can continue this calculation, step by step, to find the response and state of the machine at any future time (so long as we know what the inputs will be) ».*

¹⁵⁸ Newell et Simon (1972), p. 31.

3. turn-furnace-on,
go to 1;
4. test if furnace-on,
if false go to 1;
5. turn-furnace-off,
go to 1.

Les langages de programmation, dans lesquels sont construites les machines virtuelles comme ce thermostat, constituent selon plusieurs le principal « formalisme » que nous propose l'intelligence artificielle. Les langages de programmation sont des langages dans lesquels on peut décrire précisément les différents processus qu'une machine doit mettre en action pour réaliser la compétence étudiée¹⁵⁹. Ces processus sont décrits sous la forme de règles syntaxiques et d'algorithmes exécutables par une machine programmable¹⁶⁰.

¹⁵⁹ Minsky (1967), p. 103 : « It is certainly true that programming—the job of specifying the procedure that a computer is to carry out—amounts to determining in advance everything the computer will do. In this sense, a computer's program can serve as a precise description of the process the machine will carry out, and in this same sense it is meaningful to say that anything that can be done by a computer can be precisely described ».

¹⁶⁰ Cette caractéristique est celle des langues scientifiques, selon Granger (1960). De manière générale, la pensée formelle qui s'exprime par les symbolismes scientifiques n'est pas le codage pédant d'un contenu qui s'exprimerait aussi bien par la langue parlée usuelle ou par son codage écrit. À une certaine étape du développement d'une langue scientifique, on trouve plutôt la situation inverse, la langue orale devenant un codage plus ou moins adéquat de la langue graphique dans laquelle se constituent les raisonnements originaux. Les avantages d'une langue graphique telle que les symbolismes utilisés en chimie, en physique, en mathématiques ou en informatique sont considérables : 1. elle permet d'exprimer plusieurs dimensions simultanément (« sa forme graphique originale est la plus simple et la plus naturelle, parce que l'extension spatiale permet l'utilisation rigoureuse et réglée de plusieurs dimensions significatives [...] sitôt que le contenu syntaxique des symboles se complique, la lecture ne sert plus qu'à désigner imparfaitement par des sons le symbole graphique qui constitue le véritable langage », Granger, 1960, p. 52) ; 2. elle permet de se détacher de la surdétermination sémantique de la langue usuelle, et de limiter et préciser les significations que l'on souhaite y exprimer. Pour obtenir un réglage précis de ces significations, les langues scientifiques recourent aux règles syntaxiques, qui expriment alors l'essentiel du contenu des théories construites : « Tout concourt donc à faire de la syntaxe l'élément significatif principal des langues scientifiques. Alors que dans les langues usuelles l'organisation syntaxique ne fait guère que renforcer la redondance du vocabulaire pour diminuer les erreurs d'interprétation et faciliter la réception des messages, elle constitue dans le discours scientifique la part essentielle du contenu véhiculé » (Granger, 1960, p. 58) ; « Ainsi le langage scientifique est-il caractérisé par la prédominance d'une syntaxe qui exprime une structure d'objet » (Granger, 1960, p. 60).

Les règles syntaxiques d'un langage de programmation sont utilisées pour représenter et ne représenter que l'ensemble des actions élémentaires exécutables par la machine pour laquelle le programme est écrit, et l'ensemble des compositions possibles entre ces actions élémentaires. Grâce au langage de programmation, on se donne les moyens de générer un ensemble indéfiniment grand de machines virtuelles, d'algorithmes ou de conduites réalisables sous forme de mécanisme. Dans son livre *The Computer Revolution in Philosophy*, Aaron Sloman décrit le rôle joué par les langages de programmation et les programmes dans l'encadrement rigoureux de la production et de l'explication des conduites possibles :

*Roughly, an explanation of a possibility or range of possibilities can be defined to be some theory or system or representation which generates the possibility or set of possibilities, or representations or descriptions thereof. An explanation of a range of possibilities may be a grammar for those possibilities. A computer program is a good illustration: it explains the possibility of the behaviours it can generate (which may depend on the environment in which it is executed)*¹⁶¹.

En montrant que l'on peut produire les conduites que l'on tente d'interpréter à l'aide d'une machine virtuelle réalisable, on s'assure de ne pas faire appel à des propriétés occultes et mystérieuses qui échappent à l'explication, à la compréhension, à la raison, pour rendre compte des compétences étudiées. Mieux encore, on démontre qu'il n'est pas nécessaire de faire appel à de telles propriétés magiques et mystérieuses pour expliquer la compétence que l'on arrive à produire : « *Indeed, the only certain way to abjure magic is to insist on procedures that are transparently intelligible*¹⁶² ». C'est bien là l'une des fonctions de toute formalisation, comme l'écrit Bochenski :

¹⁶¹ Sloman (1978), p. 45.

¹⁶² Haugeland (1985), p. 69.

*Since in a formalistic system all the rules refer exclusively to the written shape of the signs, it is impossible to construct a proof with unformulated rules and axioms. Unformulated presuppositions, again, are notoriously dangerous; they can easily be false, and since they are not explicitly formulated it is impossible to test them by rational means. The use of formalism therefore makes an important contribution towards the exclusion of such tacit presuppositions*¹⁶³.

Une autre fonction de la formalisation justifie l'usage des langages de programmation : ils nous permettent de composer facilement des centaines, des milliers, voire des millions d'actions élémentaires sans nous perdre, et de façon à mettre en évidence les conséquences de ces compositions autrement difficiles ou impossibles à inférer en pratique¹⁶⁴. Les ordinateurs et les langages de programmation constituent des systèmes formels automatisés, pour reprendre l'expression de John Haugeland¹⁶⁵. Ils permettent de construire des expériences complexes et rigoureuses dans le sens où elles demeurent toujours à l'intérieur des possibles que les règles syntaxiques délimitent¹⁶⁶. Toutefois, il faut bien voir que, à elles seules, les règles syntaxiques d'un langage de programmation ne

¹⁶³ Bochenski (1965), p. 41.

¹⁶⁴ Voir Sloman (1978). Bochenski (1965, p. 41) mentionne aussi cette propriété fort utile des langages formels : « *In a complicated situation our eidetic understanding of the object very soon breaks down. We can see immediately and without any difficulty that $2 \times 3 = 6$, but only a few people find it just as easy to see that $1\ 952 \times 78\ 788 = 153\ 794\ 276$ [...] The same applies to all somewhat more complicated trains of thought, including those of the philosophers* ».

¹⁶⁵ Voir Haugeland (1981, 1985, p. 48).

¹⁶⁶ Des « expériences en pensée », selon Dennett (1978, p. 117) : « *AI programs are not empirical experiments but thought-experiments prosthetically regulated by computers* ». Des expériences empiriques, selon le point de vue de Newell et Simon (1976/1981, p. 34-35) exprimé dans leur article « *Computer Science as Empirical Inquiry* » : « *Computer science is empirical discipline [...] Each new machine that is built is an experiment. Actually constructing the machine poses a question to nature [...] Each new program that is built is an experiment. It poses a question to nature, and its behavior offers clues to an answer* ». Tous s'entendent sur le fait qu'il s'agit bien d'expérimenter. Il reste à mettre au clair la nature des différentes expériences informatiques possibles. Si tester un modèle d'intelligence par une expérience en pensée est la réalisation, en pensée, d'une machine virtuelle possédant la compétence étudiée, alors une expérience en pensée est une expérience empirique au sens où l'entendent Newell et Simon. L'élément important de mon argumentation porte plutôt sur la rigueur et la puissance qu'apportent l'ordinateur et la programmation à ce type d'expérimentation.

disent rien sur les propriétés d'ensemble des programmes. Les règles syntaxiques d'un langage de programmation comme *LISP*, par exemple, définissent une machine programmable universelle appartenant à la classe des machines appelées *physical symbol systems* par Newell et Simon¹⁶⁷. Une machine *LISP* nous fournit un substrat indéfiniment flexible dans lequel il est possible de modéliser sous forme de programme une nouvelle machine virtuelle qui, elle, mettra en action la théorie de la compétence que l'on étudie. Les règles syntaxiques d'un langage de programmation n'expriment pas les raisons fonctionnelles et structurales qui guident le programmeur dans la composition des actions élémentaires : toutes les combinaisons réalisables sont équivalentes du seul point de vue du langage de programmation, qui a justement comme propriété de pouvoir permettre la description et la mise en action de tous les algorithmes (*effective procedures*) possibles¹⁶⁸. Un texte de Grize et Matalon exprime cette même idée dans le contexte d'une discussion sur le rôle de la logique naturelle dans la pensée :

la pensée naturelle [...] fonctionne dans une certaine intention, est orientée vers un but. Les règles du système formel éventuel qui la régit ne sont là que pour circonscrire un ensemble de possibles, mais ne donnent aucun moyen, par elles-mêmes, de choisir entre eux. Un système formel, même construit dans ce but, et dont toutes les règles seraient effectivement employées par le sujet, ne saurait donc permettre

¹⁶⁷ Voir Newell et Simon (1972, 1976) ainsi que Newell (1980).

¹⁶⁸ Le travail d'Alan Turing s'inscrivait au départ dans ce contexte d'un questionnement sur la possibilité de la description des processus, comme l'explique Minsky (1967, p. 104-105) : « *What processes can be described? Surely the notion of description entails some language. Could any one fixed language admit description of all describable processes? Can there be processes which are, somehow, well defined, yet cannot be described at all? It could be argued that there might exist definite processes whose communication requires the transmission of a mental attitude, or a disposition, which cannot be captured in any finite number of words—which must remain intuitive [...] how does one tell, given what appears to be a set of instructions, that we really have been told exactly what to do? How can we be sure that we can henceforth effectively act, in accord with the 'rules,' without ever having to make any further choice or innovation of our own? [...] The position we will take is this: If the procedure can be carried out by some very simple machine, so that there can be no question of or need for 'innovation' or 'intelligence,' then we can be sure that the specification is complete and that we have an 'effective procedure' ».*

de prévoir le comportement logique de ce même sujet. Dans cette perspective, des règles constituant un système formel feront bien partie du modèle de la pensée naturelle ; mais elles n'en seront qu'une partie, leur rôle étant de définir un ensemble de possibles, ou peut-être (et il faudrait voir si ces deux formulations sont équivalentes) de constituer une sorte de garde-fou, indiquant ce qui ne saurait de toutes façons entrer en ligne de compte¹⁶⁹.

Le rapport entre le programme et le langage de programmation est en partie similaire à celui que Grize et Matalon établissent entre la pensée naturelle et la logique naturelle. Le choix des buts et des stratégies algorithmiques et heuristiques pour atteindre ces buts prennent leur signification à l'extérieur de la seule syntaxe du langage de programmation. En adoptant les langages de programmation comme instrument de formalisation, on se donne les moyens formels de décrire précisément des processus producteurs d'une compétence donnée, mais pas les moyens formels de décrire une théorie de cette compétence. Si l'on travaille à construire une théorie de la compétence d'un agent, les langages de programmation nous donnent les moyens non pas de formuler cette théorie mais de l'encadrer et de la mettre à l'épreuve sous forme de programme. On se donne les moyens d'établir si la théorie est réellement suffisante pour rendre compte de cette compétence¹⁷⁰.

¹⁶⁹ Grize et Matalon (1962), p. 41.

¹⁷⁰ Dans son apologie de l'expérimentation informatique, Sloman (1978, p. 13) écrit à ce sujet : « *By trying to turn our explanations and theories into designs for working systems, we soon discover their poverty. The computer, unlike academic colleagues, is not convinced by fine prose, impressive looking diagrams or jargon, or even mathematical equations. If your theory doesn't work then the behaviour of the system you have designed will soon reveal the need for improvement. Books don't behave. We have long needed a medium for expressing theories about behaving systems. Now we have one, and a few years of programming explorations can resolve or clarify some issues which have survived centuries of disputation. Progress in philosophy (and psychology) will now come from those who take seriously the attempt to design a person. I propose a new criterion for evaluating philosophical writings: could they help someone designing a mind, a language, a society or a world?* ».

3.9 La complémentarité des analyses structurale et procédurale

L'obligation de formalisation sous forme de programme discipline la pensée et gonfle sa puissance déductive, mais elle n'est pas sans risques et insuffisances. J'utiliserai l'œuvre de Piaget pour l'illustrer, en restant sur le plan de la méthode. Le principal risque est celui de tomber parfois dans l'excès « logicielliste » : ne sont valables que les idées que l'on arrive à exprimer sous forme de programme. La philosophe anglaise Margaret Boden, par exemple, a servi cette médecine « logicielliste » à l'œuvre de Piaget, qui aurait, selon elle, le tort de ne pas reposer sur des théories et concepts « computationnels », exprimables sous forme de programmes¹⁷¹ :

*Piaget's long-standing commitment to theoretical formalisms, whether in biology or psychology, rests on a laudable wish to achieve clarity and rigour of a high degree. Regrettably, he did not achieve his aim - in my view, because he did not have available a computational vocabulary specifically developed to express qualitative differences between the structures and procedures of thought, or information-processing*¹⁷².

Chez Piaget, la structure représente ce qu'un sujet quelconque d'un niveau de compétence donné peut faire, et non ce qu'il fait. Plus précisément, elle représente les coordinations que le sujet doit nécessairement mettre en action pour bénéficier d'une compétence d'un niveau donné. Piaget décrit la structure algébriquement, sous forme de structure de groupe, de structure d'ordre (réseau,

¹⁷¹ Pour Boden, comme pour plusieurs chercheurs en intelligence artificielle, le programme est bien au cœur de la démarche de l'intelligence artificielle : « *artificial intelligence is the use of programs as tools in the study of intelligent processes, tools that help in the discovery of the thinking-procedures and epistemological structures employed by intelligent creatures* » (Boden, 1977, p. 17).

¹⁷² Boden (1982), p. 39.

treillis) ou de structure de nature topologique¹⁷³. Ces structures, que les Bourbaki ont placé au fondement de l'architecture des mathématiques, correspondent, selon Piaget,

sous une forme naturellement très élémentaire, sinon rudimentaire, et fort éloignée de la généralité et de la formalisation possible qu'elles revêtent sur le plan théorique, à des coordinations nécessaires au fonctionnement de toute intelligence dès les stades les plus primitifs de sa formation¹⁷⁴.

Le programme lui-même n'est pas la théorie de la compétence de l'agent, mais sa mise en action. La programmation est utile pour mettre au jour les compétences nécessaires à l'exécution des tâches étudiées, mais il faut prendre conscience que le programmeur peut facilement introduire ces compétences sans la moindre mise en perspective théorique dans l'organisation structurale et fonctionnelle qu'il donne à son programme, ou dans le langage de programmation lui-même. C'est peut-être là le sens de la remarque de Papert sur le fait que le problème de la structure d'ensemble d'un système intelligent se pose avec le plus de vivacité lorsque le programmeur ne la fournit plus toute faite sous la forme de la structuration qu'il impose à son programme (les catégories qu'il utilise, les structures de groupe et d'ordre qu'il impose, etc.), mais que le système intelligent doive la construire lui-même :

L'étude des robots intelligents confirme ce point de vue et montre une fois de plus que le problème de structure est intimement lié à celui de genèse. En effet, nous trouverons que le problème de structure s'imposera avec la plus grande insistance précisément lorsque nous

¹⁷³ Piaget (1968), p. 22-24.

¹⁷⁴ Piaget (1968), p. 24.

voudrons construire un robot dont l'intelligence aura une véritable genèse¹⁷⁵.

Une théorie de la compétence met en perspective le choix des stratégies dans l'ensemble des choix possibles et répond au pourquoi et au comment de ces choix. Le programme n'est qu'un outil dans la mise au jour de ce pourquoi et de ce comment, et dans la mise à l'épreuve des réponses à ces questions. Un programme est constitué de procédures que le programmeur voudrait adéquates pour mettre en action une certaine compétence. Il laisse non formulées et non théorisées toutes les connexions intemporelles entre actions qui ne relèvent pas de l'organisation temporelle caractérisant les procédures utilisées. La « structure d'ensemble » dont nous parle Papert ne s'y trouve pas théorisée. Nous avons vu que Newell et Simon utilisent d'autres outils de formalisation que le seul programme. Leurs explications font toujours appel au cadre conceptuel et formel entourant les idées importantes de *problem space* et de *task environment*, qui recourent l'idée de « structure d'ensemble ». Comme j'ai essayé de le montrer dans mon mémoire de maîtrise, on peut voir les structures de Piaget comme des propriétés abstraites des espaces de problème à la Newell et Simon¹⁷⁶. Elles ne sont pas des programmes, mais président à l'organisation de tout programme par l'intermédiaire des actions structurantes du programmeur. Sans l'algèbre pour les exprimer, elles demeurent implicites et non théorisées. Piaget a reconnu la différence entre la modélisation procédurale et l'analyse structurale, et les distinguait de la façon suivante :

La différence essentielle permettant de les distinguer est que, si toutes deux comportent des transformations, les procédures les effectuent ou les utilisent en vue d'atteindre des buts particuliers et variables et constituent ainsi fondamentalement des processus temporels, tandis que les structures consistent à relier les transformations pour en dégager les

¹⁷⁵ Papert (1962), p. 135.

¹⁷⁶ Voir Dupuis (1996).

connexions en un système d'ensemble intemporel, sans autre but que celui, très général et commun à toutes, de comprendre la nature de la cognition¹⁷⁷.

Les langages de programmation sont des outils de formalisation utiles, mais ils ne sont certainement pas suffisants pour exprimer rigoureusement une théorie téléoprésentationnelle des compétences. Ils ne sont pas suffisants pour exprimer les raisons au fondement du choix des procédures mobilisées pour mettre en action la compétence de l'agent. Pour cela, il nous faut un espace de la tâche et un espace d'action à la façon de Newell et Simon, que l'on complète par une analyse structurale à la façon de Piaget¹⁷⁸. Il nous faut également une théorie des méthodes d'action, un espace conceptuel qui nous permet de situer les procédures les unes par rapport aux autres, non pas dans l'absolu, mais en fonction de la compétence qu'elles doivent mettre en action. La plupart des chercheurs en intelligence artificielle en conviendraient, et c'est peut-être sur le plan de la théorie des procédures ou méthodes algorithmiques et heuristiques que leur contribution est la plus importante. Une telle théorie vient s'ajouter au formalisme des langages de programmation et aux cadres formels de l'analyse structurale dans l'encadrement de l'interprétation téléoprésentationnelle.

Pour légitimer les propriétés téléoprésentationnelles, il faut plus que rigoureusement les définir et en établir la portée. Il faut également établir comment elles sont possibles pour un système causal, et comment elles ont été, ou peuvent avoir été, construites. Les analyses procédurale et structurale ouvrent déjà la voie : les procédures sont le point d'articulation entre les propriétés

¹⁷⁷ Inhelder et Piaget (1979), p. 169. Piaget (1968, p. 59) a également reconnu très tôt la complémentarité des méthodes structurales et procédurales : « l'un des moyens les plus instructifs pour en analyser les actions [celles du sujet quelconque] est de construire, en équations ou en machines, des modèles d'« intelligence artificielle » et d'en fournir une théorie cybernétique pour atteindre les conditions nécessaires et suffisantes, non pas de sa structure dans l'abstrait (l'algèbre y pourvoit), mais de sa réalisation effective et de son fonctionnement ».

¹⁷⁸ Je ne connais malheureusement aucune étude sur la façon de concilier l'analyse structurale à la façon de Piaget et l'explication à la façon de Newell et Simon. Je pense qu'il y a correspondance partielle et complémentarité plus qu'opposition. Chacune d'elles me semble insuffisante pour mener à bien une analyse structurale complète.

téléreprésentationnelles et les phénomènes physiques, alors que l'analyse fonctionnelle des propriétés structurales permet la réduction des propriétés complexes aux propriétés simples. Comme l'obligation de modélisation sous forme de machine abstraite, les obligations de reconstitution génétique et d'explication causale sont nécessaires pour s'assurer que les projections de compétences, de finalité et de connaissances ne font pas naître celles-ci du vide. Il n'y a pas de génération spontanée de compétences et de connaissances, pas plus qu'elles ne peuvent exister en dehors d'un système matériel ou causal adéquat. La science des systèmes compétents mobilise l'analyse fonctionnelle qui, en permettant la « réduction » des compétences complexes aux compétences simples sans évacuer le problème de la structure d'ensemble qui est le principal écueil qu'une démarche réductionniste peut rencontrer, facilite à la fois la modélisation sous forme de machine abstraite et l'explication causale.

3.10 Cognitivism ou connexionnisme ?

Le lecteur se demandera peut-être pourquoi je ne fais aucune référence aux débats houleux qui font rage entre les partisans du cognitivism classique et ceux du connexionnisme¹⁷⁹. Ces débats à la mode ont en réalité peu d'importance pour une science générale des systèmes compétents. Je m'explique. Lorsqu'on ne mobilise l'intelligence artificielle que pour la mise à l'épreuve de la théorie d'une compétence particulière¹⁸⁰, la simulation que l'on construit n'a de signification qu'à ce niveau téléreprésentationnel, le seul que

¹⁷⁹ Je n'aborderai donc pas de front l'analyse des débats provoqués par les partisans des machines connexionnistes auxquels introduisent assez bien les textes réunis par John Haugeland dans son *Mind Design II*. Les connexionnistes tendent vers une explication causale des conduites. En rejetant le calcul symbolique comme mécanisme de production des conduites, ils jettent trop souvent du même coup le bébé avec l'eau du bain : ils négligent la théorie de la compétence. Le philosophe Andy Clark (1990), plutôt sympathique au mouvement connexionniste, a discuté de ce problème et tenté de lui trouver une solution dans son article « Connectionism, Competence and Explanation ».

¹⁸⁰ Je voudrais distinguer la théorie des compétences, qui explique le phénomène de la compétence dans sa généralité, des théories formulées pour expliquer des compétences particulières.

l'on conserve pour interprétation¹⁸¹. Beaucoup de critiques de l'intelligence artificielle et des sciences de la cognition classiques, c'est-à-dire « symboliques », perdent tout leur sens si c'est la théorie d'une compétence qui est modélisée, puisque alors on renvoie simplement en arrière-plan les machines virtuelles qui mettent en action la compétence en question. Que la machine sous-jacente soit « symbolique » ou connexionniste a peu d'importance. Si une bonne partie de l'apport des sciences de la cognition classiques se trouve au niveau de la théorie des compétences, cet apport échappe à plusieurs des critiques (valables ou douteuses) sur la nature des machines matérielles sous-jacentes, mais pas à toutes parce qu'une théorie des compétences doit intégrer des considérations de rendement, et que le rendement est fonction de la machine. Différentes machines offrent différents rendements selon les tâches auxquelles on les assigne.

3.11 L'explication finaliste et représentationnelle

L'idée que j'ai essayé de développer dans le chapitre précédent est qu'il existe un niveau d'analyse « intentionnel », ou plus précisément finaliste et représentationnel, propre aux phénomènes d'adaptation et d'intelligence, ou comme j'ai préféré le formuler, propre à l'étude des compétences. Dans ce

¹⁸¹ Dennett (1978, p. 114-115) décrit bien cette façon d'interpréter un modèle qui consiste à laisser dans l'ombre toute la quincaillerie qui actionne les propriétés qu'on souhaite modéliser : « *As many writers have observed, we cannot gauge the psychological reality of a model until we are given the commentary on the model that tells us which features of the model are intended to mirror real saliences in nature, and which are either backstage expeditors of the modeling or sheer inadvertent detail. (In the Eighteenth Century, scientists built beautiful brass clockwork models of the solar system called orreries. The gears of an orrery are not intended to represent anything real in the firmament, nor are the reflections of one brass globe in another.) When one looks at AI programs in detail one sees mountains of digital calculation or "number crunching"; if this looks terribly unbiological, this is to be excused since that part of the model's structure is to be viewed as backstage, not part of the model we are supposed to compare with nature [...]. AI models relatively high-level cognitive features, such as concept learning or revision of goals or beliefs, and it does indeed often take millions of basic computer events to simulate just a handful of these intended model features—but no one really knows or cares what these basic events are, for no one supposes that any of the saliences in the mass of activity that subserves the intended features are to be taken seriously as psychology or physiology. The psychological reality of an AI program is thus usually intended to be only skin deep; only the highest levels of program description and commentary are to be counted as the model* ».

chapitre-ci, j'ai effectué une étude de l'explication dans les sciences de la cognition dans le but d'en abstraire un cadre formel, conceptuel et méthodologique pour l'étude des systèmes compétents. Il convient peut-être maintenant de tenter de donner une image synthétique de certaines formes et de certains éléments importants de l'interprétation téléreprésentationnelle, dans l'esprit de la science des systèmes compétents.

Je suggérerai d'abord, en m'inspirant du travail important de Newell et Simon, que l'interprétation téléreprésentationnelle passe par la construction d'une représentation de l'espace des interactions entre un agent compétent et son milieu. Cette représentation prend la forme d'un réseau reliant tous les états possibles de l'agent et de son milieu. Ce réseau est ce que j'ai appelé l'« espace de la tâche » de l'agent. L'agent sélectionne ses actions, aux divers embranchements de l'arbre, pour atteindre les états, ou « positions », qui correspondent à ses buts. L'agent évalue les divers chemins en fonction de leur capacité à mener à la réalisation du projet dont il est porteur, et choisit le chemin qui présente le plus de valeur au regard de ce projet. Revoyons la représentation de l'espace d'une tâche, sans les évaluations, déjà présentée dans la figure 5 (p. 84) :

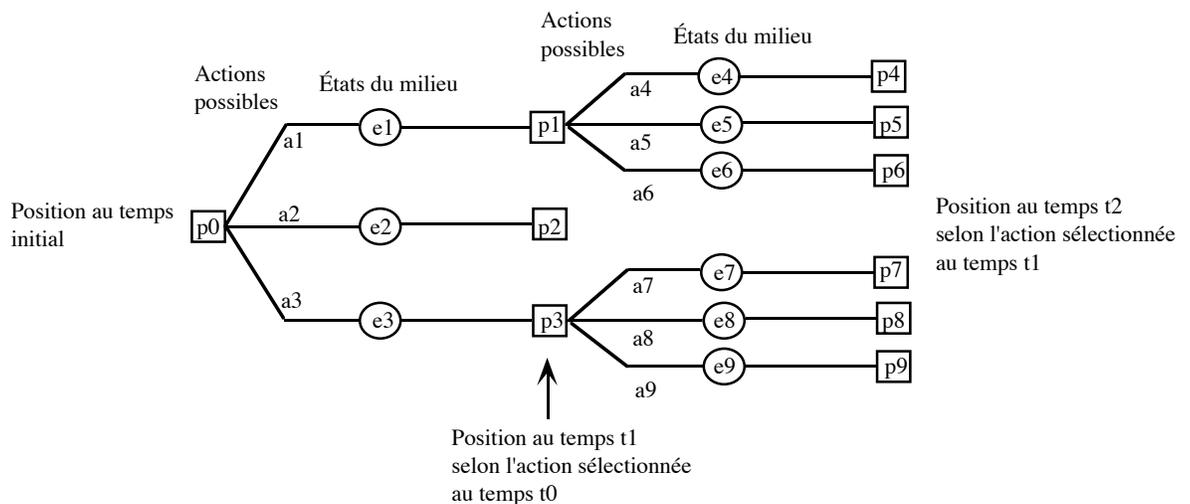


Figure 6. Représentation de l'espace d'une tâche 2

Depuis que von Neumann et Morgenstern, et Simon, ont popularisé ce type de représentation, il est devenu courant en théorie des jeux, en théorie de la décision et en intelligence artificielle¹⁸². La forme idéale de l'interprétation fondée sur la finalité et la connaissance consiste à tenter de rendre compte des conduites d'un agent en construisant une représentation de l'espace de la tâche et en calculant à partir de celle-ci les actions que cet agent devrait entreprendre pour atteindre les buts qu'il poursuit. Ces derniers ne restent pas externes à l'explication. Dans la version idéale, les buts d'un agent sont ceux qui sont nécessaires pour atteindre une adaptation optimale ou réaliser son projet ultime. On tente d'expliquer ce que fait un agent en mettant au jour ce qu'il devrait faire pour maximiser son adaptation ou réaliser son projet, en postulant, en quelque sorte, qu'il dispose d'une représentation exhaustive de l'espace de la tâche et qu'il agit en fonction d'elle. On postule une compétence totale.

L'espace d'action de l'agent se distingue de l'espace de la tâche en ceci que le premier est l'espace dans lequel l'agent construit activement son chemin, il représente son point de vue sur la tâche, alors que le deuxième est l'espace conceptuel que l'interprète construit pour comprendre la tâche auquel fait face l'agent, il représente le point de vue de l'interprète sur la tâche¹⁸³. J'utilise l'expression « point de vue » pour refléter le caractère subjectif de ces représentations mais il faut éviter un malentendu : cela ne signifie en rien que l'espace d'action est ce qu'un individu humain raconte ou pense de la tâche qu'il accomplit. C'est l'interprète qui attribue ce point de vue à l'agent, que celui-ci soit une machine, une cellule ou un ensemble d'individus en interaction. Et il interprète ce point de vue en ayant recours à la sémantique de l'espace de la tâche qu'il construit. Dans la forme idéale de l'interprétation téléreprésentationnelle, les deux espaces se confondent, c'est-à-dire qu'on

¹⁸² Voir von Neumann et Morgenstern (1944) et Simon (1945/1957). En intelligence artificielle, voir par exemple le chapitre 4 du manuel de Winston (1984/1988) ou le classique de Newell et Simon (1972).

¹⁸³ Comme nous l'avons vu précédemment, dans leur important ouvrage, Newell et Simon (1972) ont appelé « *problem space* » ce que j'appelle ici « espace d'action », et « *task environment* » ce que j'appelle « espace de la tâche ».

postule que l'agent dispose de la même représentation de la tâche que l'interprète¹⁸⁴.

3.12 La compétence limitée

La forme idéale commande de construire la représentation de l'espace de la tâche de l'agent pour constituer un cadre normatif à partir duquel on peut établir quelles actions l'agent devrait entreprendre compte tenu de ses buts et de sa situation dans le monde. Le chemin ainsi établi dans l'espace de la tâche sert de guide dans la mise au jour et l'explication des actions de l'agent. En d'autres mots, on se donne un modèle de ce que serait la compétence absolue dans ce milieu. La réalisation de cet idéal fait face à deux séries de problèmes symétriques liés dans un cas au volet représentationnel et dans l'autre au volet finaliste de l'interprétation. Voyons d'abord les problèmes liés au premier volet. Un premier problème vient de ce que la forme idéale postule que l'agent agit comme s'il disposait de la représentation complète de l'espace de la tâche, c'est-à-dire d'une compétence absolue, ce qui n'est pas toujours vraisemblable. Le deuxième problème est celui auquel fait face l'interprète : à supposer que l'agent dispose d'une telle représentation, comment l'interprète pourrait-il, de son côté, la mettre au jour et la construire à son tour ? Dans le deuxième volet, un premier problème concerne le postulat d'adaptation optimale et son corollaire, soit la cohérence et la complétude de la structure des buts et des moyens constitutifs de l'agent. Ce postulat n'est pas toujours vraisemblable, et même lorsque c'est le cas dans certaines circonstances, il demeure un deuxième problème important : comment mettre au jour cette structure de buts optimale ?

¹⁸⁴ Myerson (1991, p. 4) : « *When we analyze a game, as game theorists or social scientists, we say that a player in the game is intelligent if he knows everything that we know about the game and he can make any inferences about the situation that we can make. In game theory, we generally assume that players are intelligent in this sense. Thus, if we develop a theory that describes the behavior of intelligent players in some game and we believe that this theory is correct, then we must assume that each player in the game will also understand this theory and its predictions* ».

3.13 De la représentation complète à la représentation incomplète

Postuler que l'agent dispose d'une représentation complète de l'espace de la tâche facilite, d'une certaine façon, la tâche de l'interprète. Celui-ci n'a qu'un seul espace à construire, et les raisons des « choix » de l'agent se trouveront dans la structure de cet espace. Le principe au cœur de ces raisons est simple : l'agent choisit le chemin qui a le plus de valeur. On se trouve donc à postuler que l'agent utilise une méthode « puissante », c'est-à-dire bien informée, sinon parfaitement informée, pour diriger ses conduites dans l'espace de la tâche. Les raisons expliquant ses conduites se résument à l'application d'un principe d'optimisation globale au choix d'un trajet. Ce postulat pose problème lorsque l'espace de la tâche est le moins vaste, car il devient alors peu vraisemblable de supposer que l'agent dispose d'une représentation adéquate de celui-ci, et des moyens de l'exploiter. Il n'en reste pas moins que la question demeure en grande partie empirique. Si l'agent agit comme s'il disposait d'une représentation complète, la tâche de l'interprète sera de trouver comment celle-ci a été construite et comment l'agent arrive à l'exploiter.

Il peut arriver alors que la compétence de l'agent semble dépasser de très loin les capacités de construction et d'utilisation de connaissances qu'on peut légitimement lui attribuer, compte tenu de ce que l'on sait de lui. On se trouve en présence de ce que Dennett appelle un *free-floating rational*¹⁸⁵. Il faut alors reconsidérer les frontières de l'agent à l'étude vers le « haut », c'est-à-dire vers un niveau d'organisation où l'agent initial n'apparaît plus que comme un simple élément doté de propriétés qui lui sont conférées par son appartenance au fonctionnement d'un agent de niveau supérieur. Voici comment Dennett décrit, dans sa défense de l'adaptationnisme en éthologie, ce procédé qui consiste à transférer l'attribution d'une organisation rationnelle des conduites de l'agent sous observation vers un agent d'un autre niveau :

¹⁸⁵ Dennett (1987), p. 259.

We start, sometimes, with the hypothesis that we can assign a certain rationale to (the “mind” of) some individual creature, and then we learn better; the creature is too stupid to harbor it. We do not necessarily discard the rationale; if it is no coincidence that the “smart” behavior occurred, we pass the rationale from the individual to the evolving genotype¹⁸⁶.

C'est en fait une partie de la compétence de l'agent qui est ainsi transférée d'un niveau à l'autre. Ce procédé de transfert et le type d'explication téléoreprésentationnelle qu'il crée prend beaucoup d'importance dans l'explication des systèmes complexes où se superposent de nombreux niveaux d'organisation et d'adaptation. Dans l'étude des compétences humaines, on a tendance à attribuer aux individus, ou même aux organisations, des compétences qui sont en fait le propre des collectivités auxquels ceux-ci appartiennent¹⁸⁷. Une véritable perspective sociocognitiviste permet d'éviter cette individualisation des compétences collectives.

Lorsque la forme idéale de l'interprétation téléoreprésentationnelle est en difficulté, il faut se résoudre à en affaiblir les postulats et se tourner avec Simon vers une variété fondamentale de l'interprétation, celle qui fait appel au concept de rationalité limitée. Dans ce type d'interprétation, l'on n'attribue plus à l'agent la possession d'une représentation complète de l'espace de la tâche. L'on ne postule plus que ses choix s'expliquent par un principe d'optimisation globale appliqué à l'ensemble de cet espace. On doit plutôt établir quelles sont les « connaissances » que peut réellement mobiliser l'agent pour guider ses actions dans son espace d'action, puisque l'on ne peut plus postuler qu'il possède toutes les connaissances pertinentes. On ne peut plus supposer que l'espace d'action de l'agent se confond entièrement avec l'espace de la tâche. Il

¹⁸⁶ Dennett (1987), p. 259.

¹⁸⁷ Hutchins (1995) fait cette remarque.

faut se construire un modèle de la compétence imparfaite dont l'agent peut faire preuve dans son milieu, un modèle de ce qu'il sait faire en réalité dans l'espace de la tâche. Le modèle de la compétence d'un agent de rationalité limitée doit rendre compte de l'efficacité dont celui-ci peut faire preuve dans ses actions. Pour construire ce modèle, l'interprète doit lui-même disposer d'une représentation suffisante de l'espace de la tâche, c'est-à-dire de l'ensemble des états et transformations du système agent-milieu, pour établir les contraintes auxquels l'agent est confronté dans ses actions, et la portée des moyens dont il dispose pour y faire face.

En d'autres mots, alors que dans le cas du type idéal de l'interprétation téléreprésentationnelle, la représentation de l'espace de la tâche est suffisante pour rendre compte des conduites de l'agent du fait du postulat de compétence absolue, l'explication par la rationalité limitée ou subjective impose la construction supplémentaire du sous-ensemble de cet espace dont l'agent possède une représentation, c'est-à-dire son espace d'action. Sans cette construction, il sera impossible d'établir un modèle de la compétence de l'agent. Les nécessités imposées par la tâche ne suffisent plus, en effet, à la construction de ce modèle, à moins de définir cette tâche de façon strictement tautologique comme étant ce que fait l'agent. Un tel postulat constitue une heuristique générale intéressante, caractéristique de la démarche d'interprétation téléreprésentationnelle, mais au bout du compte, la tâche doit pouvoir, dans une certaine mesure, s'analyser *a priori* en fonction de l'insertion de l'agent dans une niche écologique dont les propriétés définissent les paramètres de la tâche à accomplir. Si ce n'est pas le cas, l'interprétation ne sera pas un modèle de compétence liant un agent et son milieu, et ne relèvera pas de la science des systèmes compétents. L'analyse *a priori* de la tâche implique l'existence ou la construction d'une théorie des propriétés pertinentes de la niche écologique de l'agent. Piaget, par exemple, utilise les sciences contemporaines comme point de référence dans l'analyse et la modélisation des compétences physiques et logico-mathématiques (matière, espace, temps, hasard, nombre, structures

logiques, entre autres) des enfants. Il faut à l'interprète une théorie de la tâche, mais elle n'est pas suffisante pour rendre compte des limites à la compétence d'un agent disposant d'une représentation moins élaborée ou moins précise. Il faut aussi à l'interprète une théorie des moyens réels dont dispose l'agent. Il lui faut construire un modèle qui articule moyens de l'agent et nécessités imposées par les caractéristiques de la tâche. Dans *Human Problem Solving*, Newell et Simon ont développé un cadre conceptuel et formel pour permettre cette construction, sous la forme d'un *problem space* et d'un *task environment*. Passons au deuxième problème auquel fait face l'interprétation téléoreprésentationnelle dans son volet représentationnel.

3.14 L'interprète à la remorque de l'agent

Lorsque l'espace de la tâche de l'agent est de grande dimension ou autrement inaccessible, l'interprète ne dispose presque toujours lui également que d'une représentation bien incomplète de cet espace. Il arrive même souvent qu'il ne dispose que d'une représentation encore plus incomplète que l'agent lui-même. Pensons au chercheur face au maître d'échec ou à n'importe quel expert dont il veut comprendre les conduites. Il n'est alors absolument pas question de se donner un modèle de la compétence absolue dans cet espace. Que devient l'explication téléoreprésentationnelle dans ces cas ? Est-il possible de construire un modèle de ce que sait faire un agent dans un espace lorsque l'on ne peut définir exactement cet espace ? L'essentiel du travail, dans ce contexte, consiste en fait plutôt à tenter de mettre au jour les principaux éléments de l'espace de la tâche : les états et transformations de l'agent, les états et transformations de sa niche écologique, et les moyens utilisables et utilisés pour coordonner les premiers avec les seconds. Il faut construire les bases d'une sémantique des relations entre l'agent et son milieu. Comment s'y prendre ? En biologie, une pratique courante consiste à postuler que l'organisme est parfaitement adapté à sa niche écologique et que ses caractéristiques reflètent d'une certaine façon son milieu, c'est-à-dire qu'elles ont une raison qui est à

trouver dans les rapports particuliers qu'elles entretiennent avec le milieu (l'œil et la lumière, l'aile et l'air, la forme du poisson et l'eau, le système digestif et la nourriture, par exemple). On se dit qu'il y a des raisons derrière les formes et les conduites de l'agent, et qu'on apprendra quelque chose sur le milieu, et sur les moyens à y appliquer, si l'on cherche ces raisons. On adopte donc le cadre d'interprétation téléoreprésentationnel, non pas pour expliquer que les formes ou les conduites de l'organisme sont adaptées de façon optimale, ce qui serait prématuré et circulaire à ce niveau, mais bien pour mettre au jour les caractéristiques de l'espace de la tâche de l'agent-organisme ou de l'agent-population, et les raisons qui expliquent les choix effectués parmi l'ensemble des choix possibles dans cet espace¹⁸⁸. Il nous faut construire des théories sur le milieu aussi bien que des théories sur les moyens de l'agent dans ce milieu pour progresser dans notre interprétation téléoreprésentationnelle. Le procédé est le même dans les sciences de l'humain, où la « rationalité » joue le même rôle que la sélection naturelle dans la théorie de l'évolution : « *Analogous to the role played by natural selection in evolutionary biology is the role played by rationality in the sciences of human behavior*¹⁸⁹ ». Dans le cadre d'une démarche heuristique, on postulera que l'agent a de bonnes raisons d'agir comme il agit, ou d'avoir la forme qu'il a, ce qui nous donne des pistes de recherche pour explorer l'espace de la tâche, et construire un modèle de la compétence de l'agent dans cet espace.

¹⁸⁸L'utilisation de la théorie des jeux en théorie de l'évolution illustre cette quête des « raisons ». On peut comprendre les trajectoires totalement erratiques et aléatoires du lièvre en fuite devant le renard comme une stratégie, peut-être de type minimax, qu'utilisent les populations de lièvres pour éviter que les renards n'apprennent à anticiper leurs trajectoires. Toute trajectoire non aléatoire génétiquement préétablie serait en effet susceptible d'augmenter la perte totale d'effectif dans la population de lièvres, parce que les renards, ou les populations de renards, pourraient apprendre à anticiper cette trajectoire. Avec des courses aléatoires, les lièvres limitent au minimum possible l'ampleur maximale de la ponction que peuvent effectuer dans leurs rangs les renards. Si vous avez déjà observé un oiseau poursuivre vainement un papillon qui change de direction à tout moment de façon très brusque et difficile à anticiper, vous aurez compris que le même raisonnement vaut pour le vol erratique et, en apparence, plutôt maladroit des papillons. Le promoteur de l'idée de « stratégie évolutionnairement stable », John Maynard Smith, est probablement celui qui a le plus travaillé à l'application de la théorie des jeux à la théorie de l'évolution.

¹⁸⁹ Simon (1996), p. 11.

3.15 Les problèmes propres au volet finaliste

Le volet finaliste de l'interprétation souffre lui aussi de l'affaiblissement des postulats de la forme idéale et de la difficulté, pour l'interprète, de s'élever jusqu'au niveau de la compétence de l'agent à l'étude. Une interprétation idéale suppose que l'agent connaît la valeur de tous les moyens (chemins) possibles pour atteindre ses buts et qu'il choisit les moyens offrant le meilleur rendement, la solution adaptative optimale. Si l'interprète dispose de la représentation complète de l'espace de la tâche, et que ses interprétations de l'agent sont compatibles avec les postulats de la forme idéale, c'est-à-dire que l'agent semble bel et bien agir comme s'il disposait d'une représentation complète de l'espace de la tâche, alors l'interprète peut modéliser l'organisation interne des buts et des moyens simplement en s'appuyant sur sa propre analyse de l'espace de la tâche. L'interprète peut s'en tenir à une explication proche de la forme idéale, comme celle que nous fournissent la théorie de la décision et la théorie des jeux, où seule compte la substance de la rationalité, sans considération des procédures plus concrètes de décision utilisées¹⁹⁰. Comme le souligne Simon, les formes et les conduites de l'agent disposant d'une compétence absolue sont essentiellement un reflet des propriétés du milieu et du projet ultime poursuivi :

The outer environment determines the conditions for goal attainment. If the inner system is properly designed, it will be adapted to the outer environment, so that its behavior will be determined in large part by the behavior of the latter, exactly as in the case of "economic man." To predict how it will behave, we need only ask, "how would a rationally designed system behave under these

¹⁹⁰ Je suis conscient qu'aussi bien en théorie de la décision qu'en théorie des jeux, on tente depuis belle lurette d'introduire des éléments de rationalité limitée. Le fait que ces approches modélisent les anticipations (croyances à propos du futur) à l'aide du calcul des probabilités est clairement un pas, mais bien incomplet, vers la prise en compte de la rationalité limitée. Il n'en demeure pas moins que ces approches tirent d'abord leur force et leur valeur intellectuelle, il me semble, de ce qu'elles sont à peu près les seules à rendre explicites les grandes catégories téléreprésentationnelles idéales, et à calculer à partir de celles-ci ce qu'un agent rationnel devrait faire.

circumstances?” The behavior takes on the shape of the task environment ¹⁹¹.

Il s’agit d’établir une organisation des buts suffisante pour répondre aux nécessités imposées par la tâche à accomplir. C’est l’analyse et la synthèse fonctionnelles qui nous fournissent cette organisation des buts. La valeur de l’interprétation repose surtout sur la profondeur de la mise au jour des nécessités imposées par la tâche, puisque celles-ci déterminent entièrement les conduites de l’agent. Lorsque l’interprète se trouve face à un agent disposant d’une compétence partielle, son approche doit être différente. Il ne peut plus modéliser l’organisation des buts de l’agent seulement sur la base des nécessités qu’impose la tâche. Celles-ci ne suffisent plus pour définir les buts constitutifs de l’agent. Il lui faut d’abord une théorie des moyens limités dont dispose l’agent. Et il lui faut mettre au jour non plus une organisation des buts suffisante pour répondre aux nécessités de la tâche telle qu’elle s’analyse *a priori*, mais une organisation des buts suffisante pour rendre compte à la fois de la portée et des limites de la compétence de l’agent. La méthode est toujours celle de l’analyse fonctionnelle. On décomposera la compétence partielle de l’agent en différentes sous-compétences. On représentera les connaissances et les buts dans l’espace d’action de l’agent, qui ne se confond plus avec l’espace de la tâche. On ne supposera plus qu’il n’y a pas d’interférence entre les sous-compétences ou moyens choisis, et que leur organisation intemporelle ou concrète (emboîtement, sériation, synchronisation) est établie une fois pour toutes et ne soulève aucun problème. De plus, il faudra souvent avoir recours à une interprétation génétique de ces moyens. Souvent, en effet, ces compétences et sous-compétences partielles ne peuvent se comprendre complètement que si on les replace dans la perspective de leur genèse, que si on les voit comme les produits en partie contingents des choix de leur constructeur, un agent de rationalité limitée, dans son propre espace d’action.

¹⁹¹ Simon (1996), p. 15.

3.16 De la tâche aux processus

Ce que j'appelle l'espace d'une tâche est la représentation d'une tâche. Ultimement, toute tâche est accomplie par des processus « causaux » qui peuvent se comprendre sans référence à la tâche qu'ils accomplissent. Un physicien pourrait très bien étudier les processus électromagnétiques que le fonctionnement de mon ordinateur implique sans aucune référence à la tâche que l'ordinateur accomplit présentement pour moi. Réciproquement, rien en principe ne nous empêche de tenter de repérer dans des processus quelconques un algorithme en train d'accomplir une tâche¹⁹². Pour voir dans des processus sociaux et biologiques la réalisation d'une tâche, il faut simultanément mettre au jour cette tâche et les méthodes qui peuvent l'accomplir, et repérer ces méthodes dans les processus en question.

3.17 La nature et l'origine de la connaissance

Les sciences de la cognition reposent sur une conception de la connaissance que l'on pourrait placer au fondement de la science des systèmes compétents. Notons dans un premier temps le rapport étroit entre la connaissance et la compétence que nous avons déjà relevé dans le chapitre précédent. Un auteur comme Newell, par exemple, utilise le mot « connaissance » pour représenter la compétence dont peut faire preuve un agent dans la sélection des actions susceptibles de mener à l'atteinte de ses buts¹⁹³. La connaissance représente ni plus ni moins que la compétence d'un agent à construire des actions rationnelles : « *Knowledge is a competence-like notion,*

¹⁹² Pagels (1988), p. 45 : « [...] *the computational viewpoint of physical processes. The basic notion here is that the material world and the dynamic systems in it are computers. The brain, the weather, the solar system, even quantum particles are all computers. They don't look like computers, of course, but what they are computing are the consequences of the laws of nature. According to computational viewpoint, the laws of nature are algorithms that control the development of the system in time, just like real programs do for computers. For example, the planets, in moving around the sun, are doing analogue computations of the laws of Newton* ».

¹⁹³ Voir Newell (1982, 1990).

*being a potential for generating action*¹⁹⁴ ». L'extrait suivant exprime bien cette relation étroite qu'entretiennent la rationalité et la connaissance : « *Knowledge is intimately linked with rationality. Systems of which rationality can be posited can be said to have knowledge. It is unclear in what sense other systems can be said to have knowledge*¹⁹⁵ ». Dans le chapitre précédent, je soutenais qu'il était difficile de concevoir ce que pourrait être l'idée de compétence sans l'idée de connaissance. Ici nous avons la réciproque : il n'est pas certain qu'il y ait un sens précis à parler de connaissance si celle-ci ne se manifeste pas sous la forme d'une compétence. Newell utilise les concepts de « connaissance » et de « rationalité » pour modéliser la compétence que manifeste l'agent à agir en fonction de son milieu, de ses buts et de ses moyens d'action : « *Its body of knowledge is about its environment, its goals, its actions, and the relations between them*¹⁹⁶ ».

Au sens où je l'ai employé, la connaissance est constituée par l'ensemble des choix effectués dans l'arbre des possibles depuis trois milliards d'années. Tous ces choix ont été effectués par des procédures de recherche constitutives des systèmes adaptatifs auto-organisés construits par l'évolution biologique. Ce sont ces choix passés qui créent la propriété anticombinatoire de la connaissance. Empruntant les deux catégories de « délibération » et de « préparation » à Newell, je soutiendrai ici que la connaissance est une préparation de l'action, construite antérieurement à toute action actuelle par des processus de délibération, c'est-à-dire de recherche, dans l'arbre des possibles. La compétence d'un agent est constituée par une préparation et des procédures (préparées) de délibération. Les choix eux-mêmes sont plus ou moins anticipatoires et « habilitants » (au sens où ils disposent à agir de certaines façons)¹⁹⁷. Ils sont anticipatoires dans le sens qu'ils postulent l'existence de

¹⁹⁴ Newell (1982), p. 149.

¹⁹⁵ Newell (1982), p. 149.

¹⁹⁶ Newell (1990), p. 50.

¹⁹⁷ J'essaie ici d'exprimer une position similaire à celle de Popper (1972, p. 71) dans *Objective Knowledge* : « *As I have argued, the tabula rasa theory is absurd: at every stage of the evolution*

certaines régularités dans le milieu de l'agent pour anticiper les états futurs possibles. Ils sont habilitants parce que chaque engagement dans une branche ouvre sur des actions possibles que ne permettent pas nécessairement d'atteindre les branches concurrentes ou les positions précédentes.

Comme l'agent de rationalité limitée ne possède que des moyens restreints de délibération immédiate (ou en « temps réel »), il doit nécessairement s'appuyer sur des connaissances accumulées antérieurement pour avoir du succès dans le monde. Il ne peut reconstruire par délibération l'ensemble des choix qui sont constitutifs de ses compétences. C'est pourquoi je soutiens, en première approximation, que la connaissance prend la forme d'une préparation de l'action. Cette préparation doit ensuite s'interpréter comme la manifestation d'une représentation des régularités du monde qui permet d'agir en fonction d'elles et en fonction des finalités constitutives de tout agent autonome : assurer sa survie et accroître son pouvoir sur ses échanges avec le milieu, par exemple. Pour mobiliser les acquis et corriger ou éviter les erreurs, cette représentation et ces fins s'incarnent dans des espaces d'action dont la propriété fondamentale est celle de la structure de régulation qui précorrige les erreurs ou permet leur correction après coup¹⁹⁸. La délibération, ou recherche, est également un aspect fondamental de toute action. Elle est nécessaire pour compléter ou ajuster localement le « tissu » des choix préeffectués. Quoique presque toujours locales à court terme à cause des ressources limitées de l'agent, les délibérations peuvent amener, sur une longue période de temps, de grandes transformations dans les représentations et les buts des agents. À court terme, la connaissance prend la forme d'un cadre relativement fixe qui donne un sens aux situations et qui guide l'action, avec une marge restreinte d'accommodation à cause des ressources de délibération limitées dont tout agent dispose. À long terme, le

of life and of the development of an organism, we have to assume the existence of some knowledge in the form of dispositions and expectations ».

¹⁹⁸ Voir Piaget (1947, 1968, 1970).

cadre perd une bonne partie de sa fixité et se voit lui-même transformé (informé, déformé, étendu, différencié, intégré) par les interactions adaptatives qu'il guide.

3.18 Conclusion

Les sciences de la cognition apportent des outils et fournissent des balises à la science des systèmes compétents. Ces outils sont l'analyse fonctionnelle, l'analyse structurale, l'analyse et la modélisation procédurales. Ces outils permettent de bâtir de véritables explications de compétences. En s'inspirant du travail fondamental de Newell et Simon, on pourrait décrire la forme générale de ces explications de la façon suivante. L'espace de la tâche représente la tâche à accomplir. L'espace d'action et les méthodes de recherche dans celui-ci représentent les moyens dont dispose ou peut disposer un agent pour accomplir cette tâche. L'analyse fonctionnelle de la tâche permet de mettre au jour les moyens dont dispose ou doit disposer un agent pour réussir à l'accomplir. Les programmes et les machines sont la forme que prennent ces moyens lorsqu'un interprète les projette sur des processus causaux.

Ainsi définis, les outils que nous proposent les sciences de la cognition s'inscrivent dans une quête d'intelligibilité. Ils constituent un refus de reconnaître des propriétés dont le principe de la mise en action échapperait à la raison et à l'explication. Cette quête a toutefois la particularité de ne pas se faire au dépens des idées de finalité, de connaissance et de compétence, et au profit des seuls processus causaux. Appliqués à l'étude des ensembles d'individus en interaction, ces outils pourraient rendre ce même service, soit de permettre d'expliquer leurs compétences et leur intelligence par les processus d'interaction qui les animent.

Chapitre 4

Une perspective sociocognitiviste sur la connaissance et l'action

Toutefois, ces différentes races d'animaux, quoique de même espèce, ne sont presque d'aucune utilité les unes pour les autres [...] Le mâtin ne peut pas ajouter aux avantages de sa force en s'aidant de la légèreté du lévrier, ou de la sagacité de l'épagneul, ou de la docilité du chien de berger. Les effets de ces différentes aptitudes ou degrés d'intelligence, faute d'une faculté ou d'un penchant au commerce et à l'échange, ne peuvent être mis en commun, et ne contribuent pas le moins du monde à l'avantage ou à la commodité commune de l'espèce. Chaque animal est toujours obligé de s'entretenir et de se défendre lui-même à part et indépendamment des autres, et il ne peut retirer la moindre utilité de cette variété d'aptitudes que la nature a réparties entre ses pareils. Parmi les hommes, au contraire, les talents les plus disparates sont utiles les uns aux autres; les différents produits de leur industrie respective, au moyen de ce penchant universel à troquer et à commercer, se trouvent mis, pour ainsi dire, en une masse commune où chaque homme peut aller acheter, suivant ses besoins, une portion quelconque du produit de l'industrie des autres. Adam Smith¹⁹⁹.

4.1 Introduction

Comme toute compétence, les compétences collectives s'étudient en mettant en rapport les caractéristiques d'une tâche et les méthodes susceptibles d'accomplir cette tâche. Dans ce chapitre, je tente de mettre au jour les caractéristiques abstraites propres aux tâches qu'accomplissent les grandes

¹⁹⁹ *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations, Les grands thèmes*, Gallimard, 1976, p. 51.

machines collectives. Ces caractéristiques permettent de définir les méthodes que ces machines doivent mettre en action pour accomplir leurs tâches. La proposition que je veux défendre dans ma thèse est que les compétences collectives apportent un gain en finalité et en rendement dans notre univers par rapport à des compétences « individuelles » : plus de buts sont accessibles et à un meilleur coût grâce aux compétences collectives. Ce gain est rendu possible par la forme générale que prennent les compétences collectives : elles sont l'application des méthodes de la division et de la coordination du travail, y compris du travail de découverte et de construction de connaissances, de la mise en commun de la production, et de la transmission intergénérationnelle des connaissances.

4.2 Les tâches à accomplir, les problèmes à résoudre

Pourquoi y a-t-il des compétences ? Parce qu'elles servent leurs constructeurs, parce qu'elles contribuent à la réalisation des projets de ces derniers. Pour un objet vivant, le temps, la connaissance et l'énergie sont rares et se détériorent ou s'épuisent continuellement. Ils doivent impérativement être économisés, recherchés, régénérés, accumulés et réinvestis dans des projets prometteurs. Les compétences sont d'abord et avant tout la manifestation du savoir construit par les objets vivants dans la réalisation de ces tâches.

Des structures de ce type [œil et nageoires de poisson] qui doivent leur extraordinaire caractère fonctionnel à ce qu'elles contiennent d'information adaptative, servent au mieux l'organisme qui les possède en lui permettant d'économiser de l'énergie et, qui plus est, d'exploiter des sources d'énergie difficilement accessibles [p. 35 ...] la vie s'applique très activement à une entreprise simultanément axée sur l'acquisition d'un « capital » d'énergie et sur celle d'un patrimoine de

savoir, la possession de l'un de ces deux éléments stimulant continuellement l'acquisition de l'autre [p. 41]²⁰⁰.

Si l'acquisition et l'accumulation de ressources est l'un des projets fondamentaux des objets vivants, toute action doit être productive au sens où l'entendent les économistes : « *Production means an act that increases utility. A productive act improves the shape, place, or even the time of availability of something*²⁰¹ ». Toute action doit avoir une valeur nette positive pour l'agent. Les gains doivent excéder les coûts. Dans l'idéal, le principe général qui devrait être appliqué pour réaliser ce projet fondamental est celui de la maximisation du rendement tiré de l'ensemble des actions entreprises. Fin, moyen, valeur, budget, capital, revenu, investissement, rendement, gain, coût sont des concepts que la praxéologie nous propose pour comprendre la nature des problèmes fondamentaux que doivent résoudre les systèmes finalisés.

4.3 La connaissance, une solution au problème du coût de l'action

Dans le chapitre précédent, dont je complète maintenant l'argumentation, j'ai présenté une proposition fondamentale de la science des systèmes finalisés : il n'y a pas de méthode universelle rentable. Les considérations de rendement sont toujours fondamentales dans la constitution d'un agent. Elles sont fondamentales parce que les ressources sont rares. Pour mettre en action une procédure, il faut dépenser des ressources. Or, à capacité égale d'atteindre un but donné dans un contexte donné, différentes procédures ou méthodes peuvent coûter plus ou moins cher en ressources. Certaines ont des coûts indéfiniment grands et ne seront jamais utilisées par aucun agent concret. De quoi dépendent ces coûts ? Ils dépendent des rapports entre la méthode ou la machine utilisée et les caractéristiques de la tâche. Les procédures les plus simples et les plus universelles telles que le « générer – tester » ou le *hill-climbing* offrent rarement

²⁰⁰ Lorenz (1973/1975), p. 35 et 41.

²⁰¹ Alchian et Allen (1964/1969), p. 50.

de bons rendements. C'est pourquoi elles sont constamment supplantées par les algorithmes et heuristiques spécialisés lorsqu'une recherche des procédures les plus rentables est effectuée. Une tâche mal connue nécessite une bonne part de tâtonnement et d'essais infructueux qui peuvent coûter cher en ressources. Un algorithme plus spécialisé, faisant appel à une connaissance plus élaborée, devrait permettre de réduire ces coûts et d'augmenter le rendement. Encore faut-il tenir compte des coûts de la recherche nécessaire pour mettre au point cet algorithme spécialisé. Si cette recherche comporte elle-même une grande part de tâtonnement, elle coûtera cher, elle demandera de gros investissements et demeurera toujours risquée. Les objets vivants doivent évidemment effectuer un arbitrage entre l'exploitation des algorithmes dont ils disposent déjà et la recherche de meilleurs algorithmes, en évitant les deux extrêmes que sont tout investir et ne rien investir dans cette recherche. Cet impératif vaut évidemment aussi pour les algorithmes de recherche d'algorithmes puisqu'ils doivent eux-mêmes être construits.

4.4 La spécialisation

À la diversité des tâches doit répondre la diversité des méthodes pour accomplir ces tâches. Un agent aux prises avec des problèmes de divers ordres aura avantage à construire et à utiliser différents algorithmes spécialement adaptés à ces tâches. Il aura également probablement avantage à mettre en action ces algorithmes sous la forme de différentes machines spécialisées. C'est la conception du cerveau que nous propose Minsky et Papert :

No single-method learning scheme can operate efficiently for every possible task; we cannot expect any one type of machine to account for any large portion of human psychology [...] Our human semblance of intelligence emerged from how the brain evolved a multiplicity of ways to deal with different problem realms [...] Instead of seeking a way to get around that need for diversity, we have come to try to develop

“society of mind” theories that will recognize and exploit the idea that brains are based on many different kinds of interacting mechanisms ²⁰².

Dès que la tâche d’un système finalisé peut se découper en plusieurs sous-tâches relativement indépendantes, il peut devenir rentable de chercher puis d’utiliser plusieurs algorithmes et machines spécialisés dans l’exécution de ces sous-tâches plutôt que de faire appel à un seul et même algorithme général ou à une seule machine universelle. L’espace de la tâche globale se trouve ainsi découpé en sous-espaces plus simples pour lequel il est plus facile de construire des connaissances et des algorithmes spécialisés, c’est-à-dire un espace d’action adéquat. L’indépendance relative des micro-espaces assure que leur recombinaison est elle-même une tâche plus simple que la tâche globale. Sur le plan génétique, les tâches les plus simples sont réussies en premier lieu. Les compétences ainsi développées peuvent ensuite être combinées et réorganisées de façon à développer des compétences plus élaborées. Comme le remarquait Herbert A. Simon²⁰³, aussi bien la spécialisation que l’évolution par assemblage de composants prennent la forme d’un emboîtement hiérarchique quasi « décomposable » :

The claim is that the potential for rapid evolution exists in any complex system that consists of a set of stable subsystems, each operating nearly independently of the detailed processes going on within the other subsystems, hence influenced mainly by the net inputs and outputs of the other subsystems ²⁰⁴.

Les activités de recherche peuvent être plus économiques lorsque l’espace de la tâche est découpé en plusieurs sous-espaces faciles à explorer et à réunir en un tout. Un espace peut être facile à explorer parce qu’il autorise la construction de

²⁰² Minsky et Papert (1969/1988), p. 268.

²⁰³ Selon la discussion classique d’Herbert A. Simon dans « The Architecture of Complexity ». Voir Simon (1996), chapitre 8.

²⁰⁴ Simon (1996), p. 193.

connaissances, parce qu'il est petit ou parce qu'il peut être décomposé en systèmes quasi décomposables, c'est-à-dire en sous-espaces relativement cloisonnés. Prenons un exemple tout simple.

Supposons qu'un agent en position P_0 dispose de 9 actions différentes possibles, disons $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9$. Son but est la position P_9 . Comment passer de P_0 à P_9 ? Avec les informations dont il dispose (sous la forme d'un espace d'action), il n'a d'autre choix que de tester les « combinaisons » d'actions les unes après les autres. Il pourra, par exemple, tester d'abord les neuf actions élémentaires, puis les 81 arrangements de deux actions (avec répétition), puis les 729 arrangements de trois actions, et ainsi de suite. Si l'espace de la tâche est celui de la figure 5 que nous avons vu au chapitre dernier, nous savons que la position P_9 peut être obtenue en combinant les actions a_3 et a_9 . Au mieux, la stratégie décrite exigera $9 + 1 = 10$ essais et 11 actions élémentaires. Au pire, elle pourrait exiger $9 + 81 = 90$ essais et $9 + 162 = 171$ actions élémentaires si les essais ne sont jamais repris plus d'une fois. En moyenne, si les arrangements de deux actions sont testés au hasard, il faudrait $9 + 40,5 = 49,5$ essais et $9 + 81 = 90$ actions élémentaires pour atteindre P_9 .

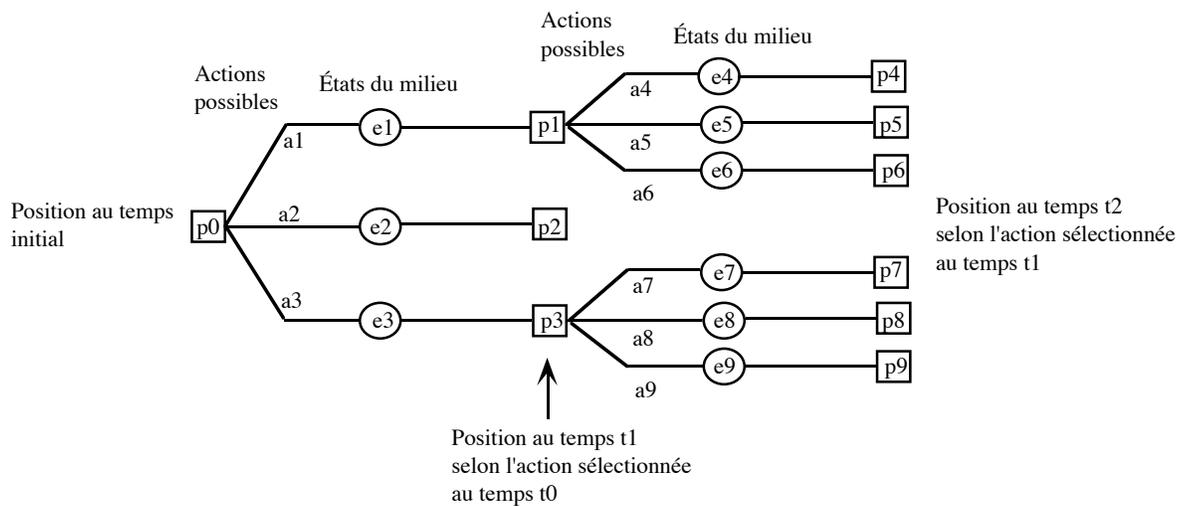


Figure 7. Représentation de l'espace d'une tâche 3

L'espace d'action de notre agent peut être « amélioré » par spécialisation, en y intégrant d'autres propriétés de l'espace de la tâche représenté par la figure 7. Il peut être scindé en trois sous-espaces à peu près indépendants. Dans le premier sous-espace, seules sont pertinentes les actions élémentaires a_1 , a_4 , a_5 et a_6 . Dans ce sous-espace, il y a 4 actions élémentaires et 16 arrangements de deux actions élémentaires à tester. Dans le deuxième sous-espace, il n'y a aucun arrangements de deux actions et une seule action élémentaire possible. Dans le troisième sous-espace, seules sont pertinentes les actions élémentaires a_3 , a_7 , a_8 et a_9 . Dans ce sous-espace, il y a également 4 actions élémentaires et 16 arrangements de deux actions élémentaires à tester, c'est-à-dire 20 essais à effectuer. Au total, grâce à ce deuxième espace d'action, il n'y aurait qu'un maximum de 41 essais à effectuer au lieu de 90 pour espérer obtenir P_9 . L'économie en ressources est notable.

L'espace de la tâche de la figure 7 permet d'aller encore plus loin dans la spécialisation de l'espace d'action. Dans le premier sous-espace, seules les arrangements sans répétition $A_{14} = a_1a_4$, $A_{15} = a_1a_5$ et $A_{16} = a_1a_6$ sont pertinentes. La recherche dans ce sous-espace peut se réduire à un maximum de 3 essais et de 6 actions en ce qui concerne les arrangements de deux actions élémentaires. La même chose est vraie du troisième sous-espace dans lequel on a $A_{37} = a_3a_7$, $A_{38} = a_3a_8$ et $A_{39} = a_3a_9$. Si l'espace d'action de notre agent incorpore ces connaissances, un maximum de 9 essais seulement sont nécessaires pour atteindre un but quelconque accessible par une combinaison de deux actions. L'économie que permet ce troisième espace d'action est maintenant formidable, puisque l'effort nécessaire n'est plus que le dixième de ce qu'impose le premier espace d'action où toutes les actions élémentaires et toutes les combinaisons d'actions doivent être envisagées. Finalement, la connaissance de la solution $a_3 + a_9$ élimine bien sûr la nécessité de toute recherche.

D'où vient cette économie ? Elle n'est pas gratuite, on s'en doutera. Elle vient de la préparation de l'espace d'action, de la connaissance intégrée dans l'espace d'action. Une telle préparation n'exige-t-elle pas un travail considérable ? Le gain dans l'action immédiate n'est-il pas une simple compensation du coût de la préparation ? Il n'y a évidemment gain net que si le gain dans l'action immédiate surpasse le coût de la préparation. Si préparer une action c'est remplacer une recherche toujours à recommencer par une seule recherche dont les résultats deviennent le point de départ des actions futures, alors on voit bien le potentiel de gain net. Dans notre exemple, chaque fois que l'agent bien préparé aura besoin d'obtenir P_9 , ou tout autre point dans cet espace, il pourra compter sur un espace d'action adapté à cette tâche.

4.5 Le problème de la rareté des ressources

Plusieurs espaces d'action différents, plusieurs méthodes et machines différentes peuvent permettre d'accomplir une même tâche, souvent avec des rendements différents. Si un agent doit accomplir plusieurs tâches, il doit choisir pour chacune de ces tâches la méthode qui maximisera la valeur de sa production, au sens du mot défini au début de ce chapitre. Il a y un revers à la médaille. La spécialisation d'un espace d'action limite les tâches réalisables. Dans le premier espace d'action, toutes les combinaisons d'actions élémentaires sont possibles. Les tâches que peut accomplir un programme grâce à cet espace d'action sont très nombreuses par rapport aux tâches que peut accomplir un programme bâti en fonction du troisième espace d'action. Seules 9 arrangements de 2 actions y sont accessibles contre 81 dans le premier espace d'action. Évidemment, l'ouverture sur les possibles du premier espace est en bonne partie illusoire. Pour bien le voir, établissons ce que peuvent produire nos programmes dans chacun des trois espaces d'action, leur frontière de production.

Supposons que l'agent dispose des ressources pour effectuer 500 essais. Combien de recherches pourrait-il accomplir avec ces ressources ? Dans le premier espace d'action, il pourrait effectuer en moyenne $500 / 4.5 = 111$ recherches de buts atteignables avec une seule action, et $500 / 50 = 10$ recherches de buts atteignables avec deux actions. Dans le deuxième espace d'action, il pourrait toujours accomplir en moyenne $500 / 4.5 = 111$ recherches de buts atteignables avec une seule action, mais il pourrait par contre réaliser $500 / 20 = 25$ recherches de buts atteignables avec deux actions. Finalement, grâce au troisième espace d'action, il pourrait accomplir $500 / 1.5 = 333.33$ recherches de buts atteignables avec une seule action et $500 / 3 = 166.67$ recherches de buts atteignables avec deux actions.

Cet exemple illustre que pour un budget donné, la quantité d'actions réussies que peut accomplir un agent est considérablement plus grande avec des espaces d'action et des méthodes spécialisées qu'avec des méthodes générales. Toutefois, comme chaque méthode spécialisée ne peut accomplir qu'une portion limitée des tâches possibles, dès que plusieurs tâches différentes doivent être accomplies, il faut constituer un assemblage de plusieurs méthodes spécialisées et générales. Les méthodes générales qui reposent sur le tâtonnement demeurent toujours pertinentes pour accomplir les tâches mal connues. Deux questions restent à examiner : comment les procédures spécialisées peuvent-elles être construites, et comment réconcilier la recherche de la spécialisation et du meilleur rendement possible avec la variété des conditions dans lesquelles prennent place les actions des systèmes finalisés. Ces questions sont des problèmes que doivent résoudre les systèmes finalisés. Ce que j'appelle « compétences collectives » est l'une des solutions à ces problèmes.

4.6 La variété des conditions de l'action, un obstacle à la méthode de construction et d'utilisation de connaissances

Le schéma de la figure 7 illustre une tâche très simple. Si un système finalisé ne doit accomplir que cette seule tâche, il l'accomplira d'autant mieux qu'il utilise une procédure spécialisée pour ce faire. Si la tâche de la figure 7 n'est qu'une action parmi d'autres actions nécessaires à la réalisation d'une tâche globale, un système finalisé doit utiliser une procédure spécialisée pour chacune d'elles pour obtenir le meilleur rendement possible de ses actions. Une plante, par exemple, utilise différentes procédures et même différentes machines matérielles pour accomplir ses différentes tâches : captation de l'énergie des radiations lumineuses, approvisionnement en eau et protection contre la déshydratation, approvisionnement en gaz carbonique, en ions minéraux, protection contre les parasites et les prédateurs, par exemple. Plus les tâches à accomplir sont variées, plus il est nécessaire de multiplier les procédures et machines matérielles spécialisées. Pour tirer un bon rendement dans ses échanges avec le monde, un agent doit accomplir de nombreuses tâches différentes. Notre monde présente des problèmes de divers ordres à un système adaptatif, et celui-ci doit se différencier et se complexifier en conséquence. Pourtant, m'objectera-t-on, bien des agents sont simples et trouvent des niches viables à variété limitée. C'est vrai et on résout ce paradoxe en se demandant où se trouvent ces niches. En y réfléchissant un peu, on se rend compte qu'elles se trouvent dans l'écosystème terrestre ou dans les sous-écosystèmes humains. En d'autres mots, ces « niches » sont créées de toute pièce et stabilisées par des systèmes adaptatifs très vastes et très différenciés, les écosystèmes évolutifs. Ces agents simples sont viables dans la seule mesure où ils participent à un écosystème lui-même viable²⁰⁵. C'est exactement la situation d'une cellule dans

²⁰⁵ Comment l'écosystème terrestre a-t-il pu se stabiliser globalement comme il l'a fait ? Ça semble être un phénomène hautement improbable, comme tous les phénomènes de la vie, mais dans ce cas-ci, on ne voit pas l'algorithme de recherche qui a pu donner jour à cet improbable. C'est la critique qu'on peut faire à l'« hypothèse Gaïa » de James Lovelock. Si Lovelock montre que nous avons certaines raisons de considérer l'écosystème terrestre comme un agent doté de

un organisme, d'un agent logiciel simple dans une société de l'esprit de Minsky, ou d'une entreprise dans les réseaux d'échange mis en branle par les humains. Les populations humaines elles-mêmes bénéficient grandement de leur appartenance à l'écosystème terrestre. Il n'y a qu'à penser à l'installation d'une colonie lunaire ou martienne pour comprendre l'ampleur du travail que cet écosystème réalise pour nous : capture d'énergie solaire et stockage de celle-ci sous forme chimique dans les sucres des végétaux et dans les hydrocarbures, production de protéines et de lipides, production de fibres de bois (papier, matériaux de construction), production de composés organiques divers à la base d'innombrables produits de synthèse, production de l'atmosphère, protection contre les rayons cosmiques, stabilisation de la température, et combien d'autres choses que nous devrions faire seuls, grâce à nos seules compétences et à nos seuls moyens, sur la Lune ou sur Mars. De même, une entreprise mobilise une somme considérable de connaissances et de ressources produites à l'extérieur d'elle dans l'accomplissement de ses tâches. Elle n'a pas à produire elle-même la plus grande partie des connaissances et ressources sur lesquelles elle fonde ses compétences. Les problèmes qu'elle résout sont donc immensément simplifiés par rapport à ce qu'ils seraient si elle voulait atteindre les mêmes buts sans bénéficier de l'apport de l'écosystème naturel et humain.

Le problème général auquel répondent les assemblages complexes de procédures est celui de la variété des conditions auxquelles sont confrontés les agents, quelle que soit la source de cette complexité. Un assemblage complexe est à même d'exploiter des ressources inaccessibles à des systèmes téléopérés plus simples. Il y a donc là un gain par l'ouverture de l'espace d'action sur des fins et des moyens autrement inaccessibles. La division du travail est un passage obligé pour la construction et l'utilisation d'une représentation élaborée de l'espace d'une tâche indéfiniment complexe. Un bon guidage des actions nécessite, en effet, l'intégration en une représentation

compétences, il reste à établir quelles sont les procédures qui ont pu construire ces compétences d'ensemble (c'est la critique de Dawkins, 1982, p. 235-236).

unifiée et coordonnée du plus grand nombre possible d'informations pertinentes sur les différentes facettes de l'espace de la tâche. Or, comme nous l'avons vu, il n'existe pas de méthode universelle offrant toujours le meilleur rendement possible. Lorsque des considérations de rendement entrent en compte, différentes tâches exigent différents processus préadaptés à ces tâches. Un agent doit pouvoir mettre en œuvre de nombreuses méthodes et connaissances spécialisées s'il veut étendre sa maîtrise du milieu. Il lui faut être capable d'utiliser simultanément de nombreuses méthodes d'acquisition et d'utilisation de connaissances, et être capable de les appliquer à différentes sous-tâches. La division du travail consiste donc à décomposer l'espace de la tâche et à appliquer à chacun des sous-espaces la méthode la plus efficace en finalité et en rendement dans ce sous-espace. Un bon exemple d'application de cette stratégie est l'organisme, qui décompose son espace d'action pour y appliquer différentes méthodes (cellules différenciées, organes, membres, conduites variées, etc.). L'organisme illustre également bien le complément de la division du travail : la mise en commun de la production sans laquelle il ne pourrait y avoir aucun spécialiste, comme l'avait bien vu Adam Smith.

4.7 Épistémologie de la spécialisation

Si la connaissance est bien la solution aux problèmes des systèmes finalisés, elle n'en constitue pas moins un problème elle-même. Sa construction et son utilisation sont des tâches que doit accomplir tout système finalisé, et en particulier tout système adaptatif. Si les procédures spécialisées constituent une solution au problème de la rareté des ressources, leur construction et leur utilisation sont des problèmes sérieux qui doivent être résolus avant de constituer une solution. Les procédures spécialisées doivent être construites par des procédures de recherche, plus précisément par des procédures de construction de connaissances. Penchons-nous sur la tâche de construction de connaissances et sur les méthodes permettant d'accomplir cette tâche.

Les procédures de construction de connaissances mettent toujours en action des tâtonnements, comme nous le rappellent l'intelligence artificielle et la théorie sélectionniste de Popper, de Campbell et de Lorenz²⁰⁶. L'inconnu ne peut être atteint que par tâtonnement. Seuls des tâtonnements peuvent permettre de construire la connaissance nécessaire pour réduire la quantité de tâtonnements nécessaire à la réussite dans l'action²⁰⁷. Le pouvoir anticipateur de toute connaissance résulte d'une construction préalable qui nécessite des explorations par tâtonnement. Le problème de l'ignorance qui affecte tous les systèmes finalisés fait en sorte que nous pouvons détecter des procédures de recherche reposant sur des tâtonnements dans les actions d'à peu près tous les systèmes finalisés. À l'appui de cette affirmation, on peut citer les nombreux travaux qui font référence à un principe de sélection, ou de « variation, sélection et rétention », dans tous les domaines où l'on étudie des systèmes finalisés. Ces travaux donnent une idée de l'universalité des procédures de tâtonnement²⁰⁸.

²⁰⁶ Donald Campbell (1974), Konrad Lorenz (1973/1975), Karl Popper (1972). Ces auteurs ont développé ce que Campbell a appelé une « épistémologie évolutionniste », qui est une théorie sur la façon dont peuvent se construire des connaissances. Campbell (1977) parle d'une « épistémologie descriptive ». En réalité, cette théorie est ce que j'ai appelé la théorie d'une compétence dans les chapitres précédents, la compétence à construire des connaissances. Ce caractère de théorie d'une compétence donne un caractère normatif à l'épistémologie évolutionniste. Son côté descriptif vient de ce qu'on étudie des processus de construction de connaissances, l'évolution phylogénétique et la science par exemple, et qu'on tente de les comprendre à la lumière de la théorie que l'on propose pour rendre compte de la compétence à construire des connaissances. Plusieurs centaines d'articles et de livres ont été publiés sur l'épistémologie évolutionniste depuis les travaux de Campbell, Popper et Lorenz. Étrangement, peu de ces travaux mobilisent le cadre formel de l'intelligence artificielle et de la théorie des machines pour théoriser les processus de tâtonnement et d'exploration. Dans *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, John H. Holland (1975/1992) propose une belle étude des mécanismes d'adaptation qui utilisent des procédures de tâtonnement proches de celle mise en action dans la sélection naturelle. Une telle étude, qui fait appel à la science des machines, aurait pu permettre un rapprochement entre l'intelligence artificielle et l'épistémologie évolutionniste ou ce que Campbell (1988) appelle la théorie générale de la sélection. Dennett (1995) a certainement contribué à éclairer les rapports entre la théorie de la sélection et l'intelligence artificielle en présentant les mécanismes de la sélection naturelle de Darwin comme un algorithme de recherche.

²⁰⁷ « *The many processes which shortcut a more full blind-variation-and-selective-retention process are in themselves inductive achievements, containing wisdom about the environment achieved originally by blind variation and selective retention [...] In going beyond what is already known, one cannot but go blindly. If one can go wisely, this indicates already achieved wisdom of some general sort* » (Campbell, 1974, p. 56-57).

²⁰⁸ Étant donné l'importance de cette thèse, je vais donner un certain nombre de références dans des domaines pertinents pour l'étude des compétences et des connaissances collectives. Il existe, par exemple, un courant d'étude des phénomènes socioculturels qui s'inspire de la théorie de la

Une citation de Popper tirée de *Of Clouds and Clocks* décrit très bien la thèse défendue par l'épistémologie sélectionniste :

Problem-solving always proceed by the method of trial and error: new reactions, new forms, new organs, new modes of behaviour, new hypotheses, are tentatively put forward and controlled by error-elimination. (4) Error-elimination may proceed either by the complete elimination of unsuccessful forms (the killing-off of unsuccessful forms by natural selection) or by the (tentative) evolution of controls which modify or suppress unsuccessful organs, or forms of behaviour, or

sélection. Campbell (1965, 1970, 1972, 1975, 1978, par exemple) en a été l'un des principaux promoteurs. Hayek (1973, 1976, 1979, 1988) y a également fait une contribution majeure. Ont également travaillé dans cette perspective des auteurs comme Boyd R. et Richerson, P.J. (1985), *Culture and the Evolutionary Process*, Chicago, IL, University of Chicago Press ; Buckley, Walter (1967), *Sociology and Modern System Theory*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall ; Buckley, Walter (1968), « Society as an Adaptive System », in Walter Buckley (dir.), *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*, Aldine, Chicaco ; Cohen, Ronald (1981), « Evolutionary Epistemology and Human Values », *Current Anthropology*, vol. 22, no. 3. Certains travaux portent plus précisément sur des théories sélectionnistes du développement conceptuel général et scientifique : Cavalli-Sforza, L.L. et M.W. Feldman (1981), *Cultural transmission and evolution: a quantitative approach*, Princeton, Princeton University Press ; Hull, David L. (1982), « The Naked Meme », in Plotkin, H.C., dir., (1982), *Learning, Development and Culture: Essay in Evolutionary Epistemology*, Wiley, Chichester ; Hull, David L. (1988a), « A Mechanism and its Metaphysics: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science », *Biology and Philosophy*, 3: 123-155. Plus de 100 pages de commentaires de divers auteurs suivent ce texte de Hull ; Hull, David, L. (1988b), *Science as a Process: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science*, University of Chicago Press, Chicago ; Lumsden, C.J. et E.O. Wilson (1981), *Genes, Mind and Culture: The Coevolutionary Process*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. ; Popper, Karl (1972), *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*, The Clarendon Press, Oxford ; Popper, Karl R. (1984), « Evolutionary Epistemology », in Pollard, J.W. (dir.), *Evolutionary Theory: Paths into the Future*, John Wiley & Sons, London ; Toulmin, Stephen (1972), *Human Understanding: The Collective Use and Evolution of Concepts*, Princeton University Press, Princeton, N.J. En économie et dans les sciences de l'organisation, il faudrait citer Alchian (1950), Aldrich (1979), Hannan et Freeman (1989), Hirshleifer (1977), Kaufman (1985), Nelson et Winter (1982), Vromen (1995) : Alchian, A. (1950), « Uncertainty, evolution and economic theory », *Journal of Political Economy*, 58 : 211-222. Une version révisée de ce texte est disponible dans Alchian (1977), *Economic Forces at Work*, Liberty Press ; Aldrich, Howard E. (1979), *Organizations and Environments*, Englewoods Cliffs, NJ, Prentice-Hall ; Hannan, Michael T. et John Freeman (1989), *Organizational Ecology*, Harvard University Press ; Hirshleifer, J. (1977), « Economic from a biological viewpoint », *Journal of Law and Economics*, 20, p. 1-52 ; Kaufman, H. (1985), *Time, Chance, and Organizations: Natural Selection in a Perilous Environment*, Chatham, N.J. : Chatham House. Vromen, Jack, J. (1995), *Economic Evolution, An Enquiry into the Foundations of New Institutional Economics*, Routledge, Londres et New York ; Weick, Karl (1979), *The Social Psychology of Organizing*, 2e édition, Addison-Wesley Publishing Company.

hypotheses [...] The single organism is a kind of spearhead of the evolutionary sequence of organisms to which it belongs (its phylum): it is itself a tentative solution, probing into new environmental niches, choosing an environment and modifying it. It is thus related to his phylum almost exactly as the actions (behaviour) of the individual organism are related to this organism: the individual organism, and its behaviour, are both trials, which may be eliminated by error-elimination ²⁰⁹.

Pour examiner la question de la construction des procédures, reprenons notre exemple l'espace de la figure 7 et rendons-le un peu plus proche de la structure abstraite des problèmes que les systèmes adaptatifs doivent résoudre. Associons à chaque position une valeur, le but de la recherche étant de trouver une procédure qui permette de passer à une position qui a plus de valeur. On posera comme tendance générale que plus une position est éloignée de la position de départ, plus elle aura de valeur. Une telle propriété de l'espace de la tâche revient à supposer qu'un agent adaptatif a davantage à tenter de bâtir des procédures toujours plus perfectionnées. Il s'agit bien d'un postulat et non ce que l'exemple cherche à illustrer. Les positions pourraient correspondre à des procédures. Notre espace serait alors un espace de procédures. Les procédures qui ont le plus de valeur pourraient être les plus spécialisées, selon la discussion menée précédemment dans ce chapitre. Il faut également postuler que les positions présentant une valeur sont rares, sans quoi la recherche et le tâtonnement deviennent inutiles : toutes les actions sont productives. Il est bien plus vraisemblable de postuler une asymétrie fondamentale et de considérer qu'il y a infiniment plus de façon de dépenser des ressources que d'en acquérir.

Posons, par exemple, les valeurs suivantes :

$$v(p_0) = 1$$

²⁰⁹ Dans *Objective Knowledge*, p. 242-243.

$$v(p_1) = 2$$

$$v(p_2) = 3$$

$$v(p_3) = 2$$

$$v(p_4) = 3$$

$$v(p_5) = 4$$

$$v(p_6) = 3$$

$$v(p_7) = 5$$

$$v(p_8) = 6$$

$$v(p_9) = 7$$

Posons que toutes les autres positions virtuelles possibles atteignables par diverses actions et combinaisons d'actions valent zéro. Si l'on essayait d'abord l'action a_5 , on obtiendrait zéro, car seules les positions accessibles d'abord par a_1 , a_2 , ou a_3 présentent une certaine valeur. Cela signifie qu'il y a des contraintes séquentielles dans cette tâche car on doit toujours exécuter a_1 avant de pouvoir exécuter a_4 , en partant de la position p_0 , pour obtenir un résultat intéressant. Le schéma de la figure 8 représente alors tout simplement l'ensemble des chemins qui présentent une valeur non nulle, l'ensemble des chemins qui permettent de passer de la procédure initiale p_0 à une autre procédure plus rentable, par exemple. Si le but était de trouver la position (la procédure) de la plus grande valeur parmi l'ensemble des positions possibles, alors la solution serait bien sûr $a_3 + a_9 = p_9$, $v(p_9) = 7$.

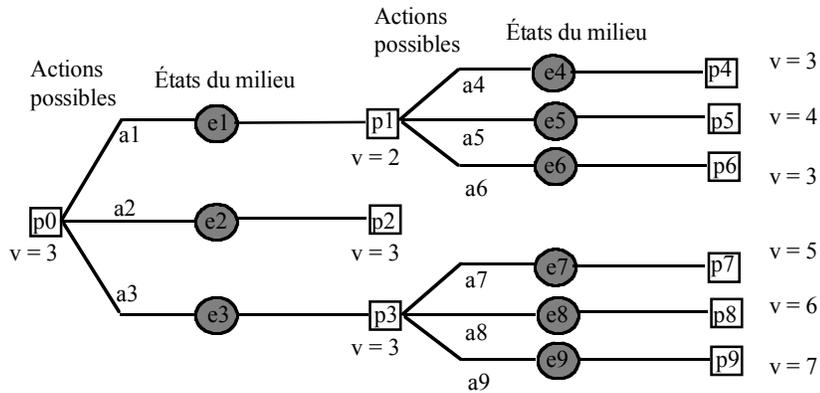


Figure 8. Espace de la tâche avec valeurs

Comment pourrions-nous construire des connaissances sur la tâche en partant de l'espace d'action 1 et en postulant que l'évaluation des valeurs ne pose pas de difficulté ? La tâche est de mesurer et de comparer la valeur de chacune des positions pour permettre le choix de la position qui a le plus de valeur. Comment faire ? Avec quel rendement est-il possible de la faire ? N'oublions pas que toute action coûte quelque chose et que notre budget est limité. Il faudrait pouvoir tester les positions en minimisant le nombre de passages sur des positions qui ne rapportent rien mais qui grèvent notre budget. Il faudrait pouvoir éviter le plus possible les positions qui n'appartiennent pas à la figure 8. Il faudrait donc que la procédure de recherche utilisée reflète d'une certaine façon les caractéristiques de la tâche à effectuer. Elle doit y être adaptée. À étudier la procédure, on devrait pouvoir apprendre quelque chose de l'espace de la tâche.

Compte tenu de la forme que nous avons donnée à l'espace de la tâche, le *hill-climbing* est une méthode qui permettrait certainement de circonscrire la recherche à une zone entourant les chemins tracés dans la figure 8. On pourrait utiliser une version faible de la méthode. Celle-ci consisterait à produire au hasard l'une des 9 actions élémentaires possibles, puis à mesurer la valeur de la position atteinte. Si cette valeur était inférieure à la valeur de la position de

départ, il faudrait revenir à cette position en exécutant l'action inverse de celle qui a mené à cette position. Si la valeur était supérieure, cette position deviendrait la nouvelle position de départ. Cette procédure de recherche offre l'avantage d'être relativement simple à découvrir et à mettre en action. Elle n'aurait toutefois qu'un faible pouvoir maximisateur. Une version plus élaborée de *hill-climbing* pourrait avoir une plus grande capacité sur ce plan mais nécessiterait une comparaison de toutes les positions accessibles à l'intérieur d'un certain nombre d'actions élémentaires. On pourrait comparer toutes les positions accessibles par une action, par deux actions, par trois actions jusqu'à n actions. Il faudrait, par exemple, comparer entre elles 9 actions élémentaires avant de choisir une branche dans l'arbre des possibles. Il faudrait comparer 81 arrangements de 2 actions ou 729 arrangements de 3 actions. Beaucoup de ces arrangements, la très grande majorité, sont sans valeur. Les tester pourraient coûter très cher et rapporter très peu. La façon d'éviter ces tests inutiles est toujours d'utiliser une méthode qui est adaptée aux caractéristiques de l'espace de la tâche. Comme dans cet espace les positions ayant de la valeur se trouvent toujours les unes à la suite des autres sur quelques chemins, dès qu'une position rencontrée dans la recherche ne présente aucune valeur, il devient inutile d'explorer plus avant le chemin qui passe par cette position. Dans ce contexte, le mieux serait donc de s'en tenir à l'exploration d'un horizon d'une action à la fois. Une procédure appropriée consisterait alors à produire les 9 actions élémentaires, à comparer la valeur des neuf positions atteintes, et à choisir celle qui a le plus de valeur comme point de départ d'une nouvelle exploration. Évidemment, il demeure que cette méthode « myope » risque fort de ne jamais trouver le maximum global. Dans notre exemple, ce maximum se trouve à la position p_9 alors que cette procédure nous amènera inmanquablement à la position p_2 , qui vaut moins de la moitié de la position p_9 . Le fait est que les systèmes adaptatifs se trouvent souvent loin de l'optimum global, au point où l'idée de maximisation peut souvent être ignorée au profit de l'idée d'amélioration ou de majoration²¹⁰. Les systèmes adaptatifs peuvent disposer de

²¹⁰ Dans la préface de l'édition de 1992 de son ouvrage classique, Holland (1975/1992, p. x)

beaucoup d'actions élémentaires. 100 actions élémentaires demeurent relativement faciles à tester, mais 100^n arrangements de n de ces actions deviennent rapidement difficiles à tester de façon exhaustive²¹¹. La force du *hill-climbing* est de mobiliser surtout des informations locales. C'est aussi sa faiblesse lorsqu'il faudrait pouvoir prendre en compte certaines informations d'ensemble pour éviter l'enfoncement dans des voies peu prometteuses.

Une façon d'améliorer la recherche dans un espace comme celui représenté dans la figure 8 serait d'explorer en parallèle plusieurs pistes qui semblent prometteuses sans se restreindre à ne suivre que celle qui semble la plus prometteuse. L'exploration pourrait suivre la règle suivante : « on poursuit la recherche dans une voie tant qu'il y a amélioration ». Une telle règle utilise des informations essentiellement locales puisqu'on ne teste toujours qu'une seule action élémentaire à la fois. Ainsi dans le cas de la figure 8, une telle règle amènerait l'exploration des trois chemins qui passent par les positions p_1 , p_2 et p_3 plutôt que de la limiter à la piste passant par p_2 . En effet, ces trois positions ont toutes une valeur supérieure à celle de la position p_0 . Cette procédure multiplie les voies d'exploration tout en ne s'engageant que dans celles qui apportent un accroissement de valeur à chacune des étapes.

Pour élargir encore plus l'exploration, on pourrait utiliser une procédure d'exploration mettant en action la règle suivante : « on poursuit la recherche dans une voie tant qu'il n'y a pas diminution de valeur ». Une telle procédure de

écrit : « *About the only change I would make would be to put more emphasis on improvement and less on optimization. Work on the more complex adaptive systems—ecologies, for example—has convinced me that their behavior is not well described by the trajectories around global optima. Even when a relevant global optimum can be defined, the system is typically so “far away” from that optimum that basins of attraction, fixed points, and the other apparatus used in studying optima tell little about the system’s behavior. Instead, competition between components of the system, aimed at “getting an edge” over neighboring competitors, determines the aggregate behavior* ».

²¹¹ Dans mon mémoire de maîtrise, j'ai établi que l'espace de la tâche de décision dans un jeu d'entreprise comme *Mondiastrat* comporte un minimum de 3^{20} positions distinctes, c'est-à-dire 3 486 784 401 positions. Cette évaluation sous-estime en réalité la taille de l'espace d'action de ce jeu qui lui-même simplifie l'espace réel dans lequel les actions d'une entreprise prennent place.

recherche permet de traverser des plateaux de valeur dans l'espoir qu'il y ait, de l'autre côté, un pic de valeur. Comme la recherche n'est pas indépendante de l'action mais porte sur les procédures d'action et le résultat de leur utilisation, il résulte de la recherche que diverses procédures d'action sont utilisées en parallèle. Après une recherche dans l'espace représenté par la figure 8, les procédures suivantes seraient utilisées en parallèle puisque aucune d'elles ne serait éliminée : $a_1 + a_4 \Rightarrow p_4$, $a_1 + a_5 \Rightarrow p_5$, $a_1 + a_6 \Rightarrow p_6$, $a_2 \Rightarrow p_2$, $a_3 + a_7 \Rightarrow p_7$, $a_3 + a_8 \Rightarrow p_8$, $a_3 + a_9 \Rightarrow p_9$. Aucune action non productive ne serait utilisée mais certaines actions seraient nettement moins productives que d'autres. Que se passerait-il s'il y avait des milliers de pistes productives, avec des écarts importants de productivité entre ces pistes ? Les ressources rares ne seraient peut-être pas économisées autant qu'elles pourraient l'être s'il était possible de comparer les différentes actions et de ne retenir que celles offrant le meilleur rendement. Ne faudrait-il pas aller au-delà de l'information locale si l'on ne souhaite pas voir les ressources rares être allouées à des activités relativement peu productives par rapport à ce qui est rendu possible par l'exploration ? La recherche elle-même sera beaucoup plus lente et moins rentable si rien n'est fait pour orienter les ressources rares et limitées vers l'exploration des voies les plus profitables. Pour ce faire, n'y a-t-il pas d'autres solutions que de recueillir et de centraliser les informations pertinentes sur les différents chemins de façon à pouvoir les comparer les uns aux autres ? Il est possible d'éviter la centralisation si chaque piste de recherche est explorée de façon autosuffisante. Si la recherche n'est entretenue que par les ressources acquises le long de chaque chemin exploré, alors les ressources seront allouées de façon décentralisée à l'exploration des chemins en fonction de leur rendement. Chaque organisme et chaque lignée d'organismes, par exemple, constituent une telle piste d'exploration autosuffisante et indépendante²¹². On pourrait dire la même chose d'une entreprise dans une économie de marché. Cette méthode est-elle utilisable

²¹² Lorenz (1973/1975, p. 240) : « chaque petite branche, chaque espèce se développe pour son propre compte, à ses risques et périls et selon sa propre orientation—il n'en va pas différemment de chaque civilisation ! ».

à l'intérieur d'un système de division du travail où la valeur est créée par l'assemblage de différentes procédures interdépendantes ?

Reprenons notre cas de la figure 8 et plaçons-le dans le contexte d'une tâche plus vaste, divisée en sous-tâches. Supposons que le problème à résoudre représenté par la figure 8 ne soit qu'un problème parmi d'autres, qu'une sous-tâche parmi d'autres. La valeur des positions représentées sur la figure 8 viendrait de la contribution à la tâche globale. Cela signifie que les ressources allouées à chaque voie d'exploration sont fonction de la contribution qu'apporte cette voie à la valeur globale plutôt que le produit direct des procédures qui y sont testées. Quelle est la différence ? Si l'exploration est autosuffisante, c'est le milieu extérieur au système adaptatif qui évalue directement les solutions. Les meilleures solutions sont simplement celles qui tirent le plus de ressources du milieu externe. Un objet vivant, par exemple, arrive plus ou moins bien à obtenir les ressources dont il a besoin dans un milieu matériel donné. Une entreprise arrive plus ou moins bien à obtenir les ressources dont elle a besoin dans ses échanges. Dans le cas d'un système de division du travail, une solution à un sous-problème n'est meilleure que les autres qu'en fonction du rapport qu'elle entretient avec l'ensemble des solutions aux autres sous-problèmes. Un groupe de cellules qui se spécialise pour mieux résoudre un problème particulier, celui des échanges gazeux, par exemple, est évalué par la contribution qu'il fait au bon fonctionnement de l'organisme, et non directement par ses seuls échanges avec le milieu extérieur à l'organisme car ce n'est pas de ces échanges qu'il tire les ressources dont il a besoin mais de celles qu'il entretient avec l'organisme dans son ensemble. C'est seulement dans la mesure où l'organisme améliore sa capacité à survivre qu'une solution à un sous-problème sera « jugée » meilleure et sélectionnée comme point de départ des explorations futures.

Comment procéder à l'exploration des sous-tâches dans le contexte où l'on ne dispose pas d'informations sur la valeur de chacune des positions dans

l'espace de chacune de ces sous-tâches ? Il faut tester des ensembles complets de solutions pour mettre au jour cette valeur. Les positions dans l'espace de la figure 8 pourraient être interprétées comme représentant de tels ensembles de procédures. S'il y a 10 sous-problèmes et 100 solutions possibles à ces sous-problèmes, il faudrait tester $100^{10} = 10^{20}$ combinaisons de solutions pour être exhaustif, ce qui est bien sûr impossible. Il faut donc encore une fois s'en remettre à une exploration progressive le long de chemins à succès, à une exploration qui s'appuie systématiquement sur le succès des solutions antérieures. À chaque étape de l'exploration, il nous faut tester des assemblages de procédures qui varient peu des assemblages précédents, de façon à réduire le plus possible le risque que le test soit négatif et qu'il y ait perte des ressources investies en lui. L'exploration sera donc nécessairement lente et nécessitera la mise à l'épreuve de nombreuses variantes peu différentes les unes des autres. Une telle méthode fait appel à une exploration en parallèle de plusieurs pistes distinctes. Le parallélisme est nécessaire pour faire face à la probabilité d'échec. L'ignorance implique l'erreur et l'échec. Le tâtonnement exploratoire n'évite pas les erreurs, il n'en a pas les moyens. Il les recherche activement de façon à les éviter à l'avenir. Comme l'exploration prend place dans l'action elle-même, il est hautement risqué de ne tester qu'une seule solution à la fois car si elle échoue, le but ne peut être atteint. Au contraire, la mise à l'épreuve de plusieurs solutions anciennes et nouvelles en parallèle permet d'augmenter la probabilité que le but soit atteint malgré l'échec de l'une ou de plusieurs des solutions (procédures) testées. Pour que le résultat de la recherche dans chacune des pistes vienne enrichir la recherche dans toutes les autres pistes, il doit y avoir une forme de coordination et de mise en commun de ces résultats, sans quoi les pistes d'exploration seront systématiquement divergentes et isolées les unes des autres. La reproduction sexuée joue ce rôle dans l'évolution d'une population animale²¹³. Elle permet d'unifier le travail d'exploration décentralisée

²¹³ Dans *Le jeu des possibles*, François Jacob (1981, p. 23) écrit : « [...]le réassortiment du matériel génétique à chaque génération permet de juxtaposer rapidement des mutations favorables qui, chez les organismes dépourvus de sexualité, resteraient séparées. Une population pourvue de sexualité peut donc évoluer plus vite qu'une population qui en est

qu'effectue la population dans son ensemble. Elle est un mécanisme de coopération interlignées. Ce mécanisme de coopération n'exclut pas la compétition, puisque les procédures mises au point par chaque lignée sont en compétition pour obtenir une place dans les assemblages futurs. Cellérier suggère qu'une procédure de ce type est à l'œuvre dans la sociogenèse aussi bien que dans la phylogenèse :

[...] la phylogenèse et la sociogenèse sont l'une comme l'autre des systèmes d'équilibration majorante. Ces systèmes présentent un cycle fondamental commun qui consiste en la modification initiale de parties d'un tout pour en former des variantes, suivie de l'application successive ou simultanée à ces variantes d'une fonction d'évaluation qui détermine leur majorativité (reproductivité, productivité, etc.) différentielle, puis de leur sélection qui consiste à les reprendre en proportion de leur degré de majorativité (positif, négatif, nul) comme tout initial pour le cycle suivant²¹⁴.

S'il existe des compétences collectives, on peut soupçonner qu'il y a à l'œuvre des procédures comme celle-là qui les construisent et les animent.

dépourvue ». John Maynard Smith (1975, p. 201) écrit : « *if different possible mutations occur in different individuals of a vegetatively reproducing species, there is no way in which they can be combined in a single individual* ». Holland (1975/1992 et 1995) a proposé un modèle de la machine abstraite à laquelle on peut attribuer la capacité exploratrice propre à la reproduction sexuée dans la sélection naturelle.

²¹⁴ Cellérier (1992b), p. 255.

Deuxième partie

Fondements d'une théorie sociocognitiviste des compétences collectives décentralisées

Chapitre 5

La perspective sociocognitiviste et les théories du social

La perspective présentée dans les chapitres précédents peut-elle être utilisée pour expliquer des phénomènes humains collectifs ? Est-elle compatible avec les théories du social et de l'individu humain ? Comment peut-elle être combinée et coordonnée aux sciences du social ? Dans les quatre chapitres de cette deuxième partie, je tente de répondre à ces questions. Dans le chapitre 3, j'ai exposé la démarche que l'intelligence artificielle a suivie pour étudier la compétence des machines. J'ai suggéré que cette démarche pouvait s'appliquer à l'étude de tous les systèmes compétents, y compris aux collectivités humaines. Pour étayer cette affirmation, je dois maintenant me pencher sur l'étude des ensembles d'individus en interaction. Ce chapitre-ci examine très brièvement quelques théories du social et l'utilisation qu'elles font des idées de finalité et de connaissance.

5.1 Le cadre finaliste et représentationnel dans les traditions intellectuelles de l'Occident

On utilise depuis bien longtemps le cadre d'interprétation téléreprésentationnel pour comprendre les individus et leurs actions. On en a une première indication dans un ouvrage remarquable de Talcott Parsons publié en 1937, *The Structure of Social Action*, dans lequel il soutient que depuis au moins trois siècles l'explication des phénomènes humains se bâtit généralement autour d'une théorie de l'action plus ou moins implicite partagée par à près tous les auteurs. Dans son livre, Parsons formule cette théorie et en étudie les

variantes dans les œuvres de penseurs importants, de Thomas Hobbes à Max Weber. Quelques extraits du livre de Parsons nous permettront de voir la parenté qui existe entre cette théorie de l'action et le cadre d'interprétation téléoreprésentationnel présenté dans les chapitres précédents. Parsons énumère les éléments que la théorie de l'action articule :

an "act" involves logically the following: (1) It implies an agent, an "actor." (2) For purposes of definition the act must have an "end," a future state of affairs toward which the process of action is oriented. (3) It must be initiated in a "situation" of which the trends of development differ in one or more important respects from the state of affairs to which the action is oriented, the end. This situation is in turn analyzable into two elements: those over which the actor has no control, that is which he cannot alter, or prevent from being altered, in conformity with his end, and those over which he has such control. The former may be termed the "conditions" of action, the latter the "means." Finally (4) there is inherent in the conception of this unit, in its analytical uses, a certain mode of relationship between these elements. That is, in the choice of alternative means to the end, in so far as the situation allows alternatives, there is a "normative orientation" of action. Within the area of control of the actor, the means employed cannot, in general, be conceived either as chosen at random or as dependent exclusively on the conditions of action, but must in some sense be subject to the influence of an independent, determinate selective factor, a knowledge of which is necessary to the understanding of the concrete course of action. What is essential to the concept of action, is that there should be a normative orientation, not that this should be of any particular type. As will be seen, the discrimination of various possible modes of normative orientation is

*one of the most important questions with which this study will be confronted*²¹⁵.

Les fins, les moyens, les conditions et les normes sont les principaux éléments de la théorie de l'action que Parsons décrit dans cet extrait. Les conditions dans lesquelles l'action prend place et les moyens possibles correspondent à l'espace de la tâche ou à l'espace d'action. Les actions effectuées ne sont ni choisies de façon purement aléatoire ni totalement réductibles aux conditions de l'action. Parsons ménage de cette façon une place aux idées de finalité et d'« orientation normative » sans lesquelles l'idée d'action n'a pas de sens. Qu'est-ce qui distingue la finalité de la norme ? Probablement la valorisation. Dans la formulation que j'ai faite dans le chapitre 2 du cadre d'interprétation téléreprésentationnel, je n'ai pas toujours différencié systématiquement la fin de la valeur, sauf dans ma discussion de la praxéologie. Dans mes autres discussions, j'ai assumé que les fins étaient toujours valorisées et sources de valeur en ceci qu'un élément quelconque prend de la valeur, en tant que moyen, dans la mesure où il contribue à l'atteinte d'une fin. Dans ce sens, une valeur est une mesure de l'utilité fonctionnelle d'un élément pour l'atteinte d'une fin. Dans *The Structure of Social Action*, la norme comporte deux aspects qu'il vaudrait peut-être mieux distinguer, soit la règle ou injonction et la valorisation²¹⁶. L'action est orientée vers des fins valorisées²¹⁷. La règle dans la norme en constitue peut-être le volet « cognitif », l'opinion de l'agent sur la façon d'atteindre la fin valorisée. Selon Parsons, la grande question que soulève la théorie de l'action à propos des phénomènes humains concerne la constitution des systèmes de normes qui structurent les systèmes d'action. Si l'on dissocie la règle de la valeur dans la norme, c'est la constitution des systèmes de règles et

²¹⁵ Parsons (1937), p. 44-45.

²¹⁶ « A norm is a verbal description of the concrete course of action thus regarded as desirable, combined with an injunction to make certain future actions conform to this course », p. 75.

²¹⁷ « The logical starting point for analysis of the role of normative elements in human action is the fact of experience that men not only respond to stimuli but in some sense try to conform their action to patterns which are, by the actor and other members of the same collectivity, deemed desirable », p. 76.

de valeurs, et les rapports que ceux-ci entretiennent, qui deviennent l'axe central de l'investigation théorique des systèmes d'action²¹⁸.

Poursuivons notre lecture de la description que fait Parsons de la théorie de l'action sous-jacente à la pensée occidentale des derniers siècles :

Second, the fact of a range of choice open to the actor with reference both to ends and to means, in combination with the concept of a normative orientation of action, implies the possibility of "error," of the failure to attain ends or to make the "right" choice of means. The various meanings of error and the various factors to which it may be attributed will form one of the major themes to be discussed. Third, the frame of reference of the schema is subjective in a particular sense. That is, it deals with phenomena, with things and events as they appear from the point of view of the actor whose action is being analyzed and considered [...] That is, while the social scientist is not concerned with studying the content of his own mind, he is very much concerned with that of the minds of the persons whose action he studies. This necessitates the distinction of the objective and subjective points of view. [...] By "objective" in this context will always be meant "from the point of view of the scientific observer of action" and by "subjective," "from the point of view of the actor." [p. 46] [...] A fourth implication of the schema of action should be noted. Certainly the situation of action includes parts of what is called in common-sense terms the physical environment and the biological organism—to mention only two points. With equal certainty these elements of the situation of action are capable of analysis in terms of the physical and biological sciences [...] Must the student of action, then, become a physicist, chemist, biologist in order to understand his subject? In a sense this is

²¹⁸ Voir Piaget (1970).

true, but for purposes of the theory of action it is not necessary or desirable to carry such analyses as far as science in general is capable of doing. A limit is set by the frame of reference with which the student of action is working. That is, he is interested in phenomena with an aspect not reducible to action terms only in so far as they impinge on the schema of action in a relevant way—in the role of conditions or means [p. 47]²¹⁹.

La distinction que fait Parsons entre l'objectif et le subjectif correspond à la distinction que j'ai établie entre l'espace de la tâche tel que le comprend l'interprète et l'espace d'action de l'agent qui est une projection du point de vue de celui-ci sur l'espace de la tâche objectif. Parsons souligne la nécessité de connaître le milieu de l'agent pour interpréter ses actions dans la perspective de la théorie de l'action. L'interprétation donnée aux erreurs distingue diverses variantes de la théorie de l'action. Dans le cadre d'interprétation que j'ai présenté dans le chapitre 2, toute divergence par rapport à l'espace de la tâche est une erreur ou une insuffisance. L'espace de la tâche idéal représente les objets et relations du milieu d'action de l'agent tels qu'ils apparaissent dans la perspective de l'observateur totalement informé. Selon la forme idéale de l'interprétation téléoreprésentationnelle, l'agent est rationnel dans la mesure où il se conduit en conformité avec la connaissance objective. Parsons nous fait une description de cette conception probablement plusieurs fois séculaire de la théorie de l'action :

It is the case where the actor's knowledge of the situation is, if not complete in any ultimate sense, fully adequate to the realization of his ends. Departures from rational norm must be associated with falling short in some respect of this adequacy of knowledge. Now the significant thing in this connection is that on a utilitarian or, more generally, a positivistic basis, there is no other alternative type of norm

²¹⁹ Parsons (1937), p. 46-47.

*in relation to which such departures from rationality may be measured. Their characterization must be purely negative. There are two current terms which quite satisfactorily describe this—“ignorance” and “error.” Any failure to live up to the rational norm must be imputed to one or both of these two elements. Either the actor simply did not know certain facts relevant to this action and would have acted differently had he known them, or he based his action on considerations which a more extensive knowledge would have proved to be erroneous*²²⁰.

Comme le montre Parsons, cette conception de la théorie de l'action, qu'il qualifie d'utilitariste et de positiviste, ne date pas d'hier et constitue l'arrière-scène intellectuelle que les théoriciens de l'action ont eu à retravailler et à mettre en perspective au cours de ce siècle. Ce qu'on a appelé au XX^e siècle la théorie de la décision en constitue une formalisation. J'ai pour ma part soutenu que l'explication de toute compétence, plutôt que celle de toute conduite, passe par la reconnaissance d'une « théorie » de ce type. Elle soulève des difficultés lorsqu'on l'applique aux conduites des individus humains plutôt qu'à leurs seules compétences. Que fait-on des croyances magiques et religieuses ? Que fait-on des valeurs morales ? Sont-elles irréductibles à une forme ou l'autre de compétence ? Pourquoi existent-elles si elles ne servent aucun agent ? Leur existence ne compromet-elle pas la généralité que j'ai attribuée à la science des systèmes compétents ? Ne compromet-elle pas la pertinence de celle-ci pour l'étude des phénomènes humains ? Ne compromet-elle pas, finalement, la pertinence de la perspective sociocognitiviste ?

Les penseurs du tournant du siècle dernier étudiés par Parsons, soit Pareto, Durkheim et Weber, ont ceci en commun qu'ils ont tous les trois étudié les rapports qu'entretiennent la pensée rationnelle et le sentiment dans l'action, comme le souligne Aron²²¹. Dire simplement que les sentiments moraux ou

²²⁰ Parsons (1937), p. 65-66.

²²¹ Aron (1967), p. 312.

religieux sont des erreurs du point de vue de la théorie des compétences ne nous mène pas très loin dans l'explication des phénomènes humains. Comme l'explique Parsons, l'une des principales difficultés qu'entraîne l'utilisation de cette conception de la théorie de l'action dans l'explication des conduites humaines réside dans l'existence d'un ordre social favorable à l'atteinte des fins individuelles. La conception « utilitariste et positiviste » de l'action peut-elle rendre compte de cet ordre ? Quelles sont les conditions d'existence d'un tel ordre social ? Selon Parsons, la réponse à cette question que nous fournissent Pareto, Durkheim et Weber, intègre l'idée qu'un tel ordre social nécessite une organisation normative d'ensemble, sous la forme de croyances et de valeurs communes. Aron semble partager cette interprétation : « en tant que sociologues, tous les trois aussi, encore que par des voies différentes, retrouvaient l'idée de Comte selon laquelle les sociétés ne peuvent maintenir leur cohérence que par des croyances communes²²² ». Pour Pareto, la société ne tient que par des sentiments qui ne sont pas vrais mais qui sont utiles²²³. Pour Durkheim, le consensus nécessaire à l'existence d'une société passe par des croyances absolues partagées. C'est donc dire que non seulement il n'est pas très productif sur le plan de l'explication des phénomènes humains de s'en tenir à l'idée que les sentiments moraux ou religieux sont des erreurs, mais cette évaluation nous fait en plus passer à côté du fait que ces « actions non logiques » comme les appelait Pareto peuvent être utiles à la réalisation d'un ordre social rendant possible la réalisation des « actions logiques ». Si elles sont utiles, c'est qu'elles accomplissent une tâche, elles sont des moyens dans la réalisation d'une fin. Elles ne devraient pas échapper à la science des systèmes finalisés et à la théorie des compétences, mais comment les y intégrer ?

Nous avons vu dans le chapitre 3 que, dans la perspective que j'ai présentée, l'interprétation de rationalité limitée se substitue à l'interprétation de rationalité objective lorsque celle-ci ne permet pas de jeter de lumière sur les

²²² Aron (1967), p. 310.

²²³ Aron (1967), p. 311.

conduites d'un agent. Raymond Boudon s'est donné beaucoup de mal ces deux dernières décennies pour démontrer qu'il y a presque toujours un gain à éviter le diagnostic d'erreur et à chercher les bonnes raisons qui justifient les conduites humaines. Il est utile d'éviter le diagnostic d'erreur d'abord parce qu'il est toujours présomptueux pour un interprète de se juger soi-même en possession d'une théorie de la tâche objective. L'interprète est souvent au contraire en position d'infériorité sur ce plan, et il est sage de toujours commencer par se dire que l'agent sait ce qu'il fait et pourquoi il le fait. C'est la position méthodologique adoptée par les adaptationnistes en biologie. Qu'advient-il des sentiments moraux et religieux dans cette interprétation ? A-t-on de bonnes raisons de croire en l'âme ou de valoriser la règle de la réciprocité ? Peut-être est-il possible d'interpréter dans un premier temps les croyances et les valeurs comme s'inscrivant dans des démarches rationnelles du point de vue procédural plutôt que du point de vue substantif. Pour un individu, il peut être généralement fort avantageux d'emprunter les croyances et les pratiques de ses semblables. Elles lui fournissent une préparation généralement utile dans ses échanges avec le monde. Qu'il y ait dans ce bagage de croyances et de pratiques une certaine proportion d'« erreurs » n'enlève rien à la valeur de la méthode de l'imitation. Il y a plus. Ces erreurs peuvent être extrêmement difficiles à détecter. En effet, ce bagage contient généralement bon nombre de propositions non formulées sur le monde, sur l'action et sur les humains. Ces *a priori* brillamment étudiés par Boudon sont généralement valides dans les contextes habituels mais peuvent se révéler erronés dans certains contextes plus rares et difficiles à cerner²²⁴. Ces *a priori* sont alors sources de croyances fausses que l'individu a pourtant de bonnes raisons de croire vraies puisque ces *a priori* sont généralement valides et permettent dans bien des cas de raisonner correctement. L'individu a de bonnes raisons de les croire vraies, ces croyances fausses, parce qu'elles sont produites par des procédures qui sont habituellement fiables. L'analyse de la rationalité procédurale semble donc arriver à étendre au moins à certaines croyances magiques et religieuses et à certains sentiments moraux l'interprétation par la

²²⁴ Voir Boudon (1990).

norme praxéologique qui fait s'équivaloir la rationalité à l'adéquation des moyens aux fins. Dans ce contexte, la relativisation des croyances par rapport à la connaissance objective représentée dans l'espace de la tâche se justifie par des raisons d'ordre procédural.

Ce n'est toutefois pas sur cette piste de la rationalité procédurale que Parsons insiste, en s'appuyant sur Pareto, Durkheim et Weber, mais sur l'organisation d'ensemble des croyances et des valeurs, et plus particulièrement sur leur organisation interindividuelle. Cette piste mène clairement à l'idée de projet collectif et de compétence collective. L'organisation interindividuelle des fins, des valeurs et des croyances permet la constitution non pas simplement d'un ordre social quelconque, mais bien d'un ordre social qui fait une place à la coopération. On pourrait soutenir que de Hobbes à Parsons et à Wrong, de Adam Smith à Hayek, à Elster ou à Coleman, c'est le problème de la coopération qui est central, et non le problème de l'ordre au sens de régularité²²⁵. Or la capacité à coopérer est bien une compétence collective : il faut au moins deux agents distincts pour qu'il soit possible de parler de capacité à coopérer et de coopération, et cette capacité n'appartient en propre à aucun de ces deux agents mais plutôt au système d'interactions que ceux-ci bâtissent. Elle est un moyen au service d'un projet collectif. En sciences de l'organisation, le problème de la coopération est également central, de Barnard à March et Simon, à Crozier et Friedberg, de Coase à Williamson²²⁶. Les ouvrages de ces auteurs comportent des études sur les conditions de possibilité de la réalisation de certains types d'agent collectif sous forme de système de coopération entre sous-agents plus ou moins autonomes. La recherche des conditions de possibilité d'un agent et d'un projet collectifs est la formulation que je donnerai au « problème de l'ordre social » dans le cadre de la science des systèmes finalisés.

²²⁵ Je fais ici référence à Coleman (1990), Elster (1989), Hayek (1973), Parsons (1937) et Wrong (1994).

²²⁶ Je fais ici référence à Barnard (1937), Coase (1937), Crozier et Friedberg (1977), Friedberg (1993), March et Simon (1958), et Williamson (1985).

La constitution d'un ordre coopératif est la manifestation d'un projet collectif et d'une compétence collective. À ce titre, elle est un objet d'étude pour la science des systèmes finalisés. Les systèmes de fins, de croyances et de normes prennent dans cette interprétation une toute autre signification que celle que nous fournissent les analyses de la rationalité substantive et procédurale individuelle. Le contenu de ces croyances, de ces fins et de ces normes tel que saisi par les individus n'est pas une théorie sur la façon de réaliser un ordre social permettant la coopération, même lorsque réinterprété dans une perspective procédurale individuelle. Pour passer des significations vécues ou interprétées procéduralement aux significations que l'interprète donne à l'organisation d'ensemble des croyances, normes et valeurs, il faut effectuer une opération de désinterprétation-réinterprétation du type présenté dans le chapitre 3. On peut donc supposer qu'une compétence collective s'expliquera souvent par une opération d'instanciation intentionnelle au sens de Haugeland.

5.2 Significations vécues et projets collectifs

Lorsqu'il s'agit de comprendre une compétence, d'en évaluer la portée et les limites, le point de vue praxéologique organise l'explication. Lorsqu'on étudie des compétences humaines, on n'étudie pas tant ce que disent ou ce que pensent les individus, que ce qu'ils réussissent et échouent à faire individuellement et collectivement. Le point de vue praxéologique est fondamental et absolument incontournable pour expliquer une compétence. L'explication d'une compétence collective fera des significations vécues par les individus des moyens au service des projets d'un agent collectif, ce qui ne veut pas dire que les individus n'exploitent pas les compétences des agents collectifs pour poursuivre leurs propres fins, puisque c'est en poursuivant leurs fins que les individus animent ces agents collectifs. À la façon de Durkheim et de Parsons, c'est, par exemple, à titre de moyens dans la constitution d'un ordre social particulier qu'on intégrera les significations morales, religieuses et

esthétiques dans l'explication des compétences d'un agent collectif, un ordre social qui est en fait un mode de coopération constitutif d'un projet et d'un agent collectifs²²⁷.

Dans l'étude des compétences d'un agent collectif, les significations morales, juridiques, esthétiques, religieuses doivent être désinterprétées puis réinterprétées à l'intérieur du cadre d'interprétation praxéologique appliqué à la collectivité en tant qu'agent, en tant que machine sociale. Elles constituent l'une des solutions fonctionnelles au problème praxéologique du réglage des rapports des humains entre eux et avec l'écosystème terrestre. Les significations constituant les jugements moraux et juridiques (le bien, le juste et le légal, par exemple) répondent, par une rupture sémantique plus ou moins marquée, aux problèmes généraux du fonctionnement de systèmes composés d'agents plus ou moins autonomes mais liés par des relations d'interdépendance donnant lieu à de la coopération et à de la compétition. L'ampleur de la désinterprétation-réinterprétation qui nous fait passer des significations morales et juridiques aux nécessités fonctionnelles de la coopération est plus ou moins grande selon les doctrines que forment ces significations. Il faut bien comprendre, en effet, que le propre des humains est de tendre à modéliser les agents collectifs qu'ils forment, ce qui peut tendre à réduire le fossé interprétatif entre les significations morales, juridiques, esthétiques vécues dans l'action par les individus et les significations praxéologiques que le scientifique des machines sociales projette sur la collectivité dotée de compétences collectives. Ces significations vécues peuvent être organisées sous la forme d'une « vision du monde ». L'individualisme libéral est l'une de ces visions du monde, et il nous intéresse plus particulièrement pour son rôle dans les grandes machines sociales de construction de connaissances. Il s'est exprimé dans beaucoup de philosophie

²²⁷ Durkheim, *De la division du travail social*, p. VI : « une réglementation morale ou juridique exprime donc essentiellement des besoins sociaux que la société seule peut connaître ; elle repose sur un état d'opinion, et toute opinion est chose collective, produit d'une élaboration collective ». Parsons et Shils (1951, p. 74) écrivent pour leur part : « *Any system of morals is adapted to specific integrative problems confronted by the action system which it, in one sense, controls. Morals, in this sense, are relative* ».

selon diverses variantes. On pourrait donner en exemple la forme qu'il a prise dans les philosophies du libéralisme classique de Locke, de Hume et de Kant²²⁸. Liberté, individualisme, égalité juridique et rationalisme sont un reflet approximatif, dans les significations vécues, de certaines conditions d'existence de systèmes collectifs de construction et d'utilisation de connaissances performants, comme nous le verrons dans la suite de cette thèse. Dans cette perspective, la « vision du monde » de l'individualisme libéral est désinterprétée, c'est-à-dire qu'on ne la prend plus pour une « vision du monde », pour une proposition, vraie ou fausse, sur la nature de l'homme et de la société. Elle est plutôt réinterprétée par projection dans l'espace de la tâche

²²⁸ Dans son *Introduction à la philosophie de Kant*, (Gallimard, 1948), Lucien Goldman nous donne une description de cette vision du monde et y situe la contribution de Kant : « La vision du monde qui caractérise la bourgeoisie européenne du douzième jusqu'au dix-huitième siècle procédait d'un concept fondamental : la *liberté*, à partir duquel se développaient tous les autres [...] Le deuxième élément constitutif de la vision bourgeoise du monde était l'*individualisme*. Il n'est d'ailleurs que l'autre face d'une liberté poussée à l'extrême, car l'individu, c'est l'homme libéré de tous les liens et limité uniquement par l'obligation de respecter la liberté de ses semblables. Enfin, conséquence de la liberté et de l'individualisme, il faut leur adjoindre l'égalité juridique, puisque là où il existe des privilèges, l'individu n'est pas entièrement libre. Liberté, individualisme, égalité juridique : tels sont les trois éléments fondamentaux de la vision du monde qui s'est développée avec et par la bourgeoisie européenne. Et ils ont trouvé par la suite, dans les différents domaines de la vie de l'esprit des expressions variées [...] Dans ce domaine, ces trois éléments ont trouvé une forme d'expression privilégiée dans le rationalisme [p. 37 ...] Rationalisme signifie avant tout liberté et, plus exactement, liberté dans un double sens : a) liberté par rapport à toute autorité et contrainte extérieures, et b) liberté à l'égard de nos propres passions qui nous lient au monde extérieur [p. 38 ...] Mais le rationalisme signifie aussi la rupture des liens qui existaient entre l'individu d'une part, l'univers et la communauté humaine de l'autre. Car là où chaque individu décide d'une manière autonome, indépendante et sans aucun rapport avec les autres hommes de ce qui est vrai, bien ou beau, il n'y a plus de place pour le tout qui le dépasse, pour l'univers. L'univers et la communauté humaine deviennent alors des réalités extérieures, atomisées et divisées [p. 39 ...] deux catégories fondamentales de l'existence humaine, à savoir la liberté et l'autonomie de l'individu d'une part, et de l'autre, la communauté humaine, l'univers et la totalité comme sens et produit de cette liberté dans l'action des hommes libres [...] L'importance de Kant réside avant tout dans le fait que d'une part sa pensée exprime de la manière la plus claire les conceptions du monde individualistes et atomistes reprises à ses prédécesseurs et poussées jusqu'à leurs dernières conséquences et que précisément de ce fait, elle se heurte aussi à leurs dernières limites qui deviennent pour Kant les limites de l'existence humaine comme telle, de la pensée et de l'action de l'homme en général et que d'autre part, elle ne s'arrête pas (comme la plupart des néo-kantiens) à la constatation de ces limites, mais fait déjà les premiers pas hésitants sans doute mais cependant décisifs, vers l'intégration dans la philosophie de la deuxième catégorie, du tout, de l'univers [p. 40-41] ». En réalité, la pensée libérale classique telle qu'elle s'exprime chez Hobbes, Locke et Hume a été constamment aux prises avec le problème de l'« ordre social », le problème de la coexistence et de la coopération d'individus autonomes, qui décident pour eux-mêmes. D'où sa valeur, comme nous le verrons plus loin, pour l'élaboration d'une théorie des compétences collectives possibles dans les sociétés d'individus au moins partiellement autonomes.

des systèmes de construction de connaissances. La « vision du monde » individualiste devient ainsi un moyen au service des compétences d'un agent collectif particulièrement apte à bâtir des connaissances. Les systèmes de règles d'action et d'interaction dont elle constitue une interprétation génèrent des processus qui prennent la forme de machines sociales de construction et d'utilisation de connaissances.

L'utilisation du cadre d'interprétation téléoreprésentationnel pour étudier les phénomènes collectifs est vivement contestée par des auteurs contemporains comme Raymond Boudon et Anthony Giddens. Pourquoi ? C'est ce que nous allons chercher à comprendre dans les prochaines sections en examinant leurs arguments.

5.3 L'individu dans la sociologie contemporaine

Boudon et Giddens défendent tous les deux avec vigueur une certaine utilisation du cadre d'interprétation téléoreprésentationnel. Il s'agit d'une variante de type rationalité limitée, comme l'indique Boudon :

Plusieurs des analyses ci-après utilisent une axiomatique de l'homo sociologicus faisant de ce dernier un acteur intentionnel, doté d'un ensemble de préférences, cherchant des moyens acceptables de réaliser ses objectifs, plus ou moins conscient du degré de contrôle dont il dispose sur les éléments de la situation dans laquelle il se trouve (conscient en d'autres termes des contraintes structurelles qui limitent ses possibilités d'action), agissant en fonction d'une information limitée et dans une situation d'incertitude. En bref, l'*homo sociologicus* que j'ai utilisé peut être caractérisé comme doté d'une *rationalité limitée*²²⁹.

²²⁹ Boudon (1977), p. 14.

Giddens prend également bien soin d'inscrire ses réflexions dans le cadre d'interprétation téléreprésentationnel, et de faire de l'individu un système autoguidé particulièrement perfectionné :

La « réflexivité », donc, n'est pas qu'une « conscience de soi », elle est la façon spécifiquement humaine de contrôler le flot continu de la vie sociale. Une personne est un agent qui se donne des buts, qui a des raisons de faire ce qu'il fait et qui est capable, si on le lui demande, d'exprimer ces raisons de façon discursive (y compris de mentir) ²³⁰.

Lorsque Boudon et Giddens mobilisent cette approche téléreprésentationnelle de l'interprétation des conduites individuelles, c'est pour l'opposer à une conception « balistique » des conduites individuelles constituant les assemblages humains²³¹. Par balistique, je veux dire qui suit une trajectoire prédéterminée au départ. Un individu ne suivrait pas aveuglément une trajectoire tracée d'avance par un supra-agent collectif, car c'est bien à ce niveau que se situe l'enjeu dont discutent ces auteurs. Si l'on accepte l'idée d'agent collectif, de fin collective, de compétence collective, ne se trouve-t-on pas à faire des individus des marionnettes aux services de supra-agents ? Je pense que les termes dans lesquels est menée la discussion sur cette possibilité de voir la subjectivité individuelle réduite à l'état d'épiphénomène par l'introduction de sujets collectifs sont confus et trompeurs. On oppose une caractérisation dans les termes du cadre d'interprétation téléreprésentationnel à une caractérisation procédurale (lorsqu'il est question de programme) ou même à une caractérisation causale, alors que tout système vivant, humain ou non, est susceptible de toutes ces caractérisations à la fois. Voyons cela de plus près. Selon Boudon, un agent agit, choisit, décide :

²³⁰ Giddens (1984/1987), p. 51.

²³¹ L'expression « système intentionnel balistique » est de Dennett (1995).

chacun des acteurs, selon sa personnalité, ses attitudes à l'égard du risque, ses ambitions, son information sur les données de la situation (variables qui dépendent sans doute pour une part du milieu social et de l'histoire sociale de l'acteur), s'efforce de prendre la décision la plus convenable au vu de ses intérêts tels qu'il les conçoit. Aucune programmation préalable ne lui dicte son comportement ²³².

Formulé en ces termes, ce type d'argument a de quoi laisser perplexe un chercheur en sciences de la cognition. Que sont la personnalité de l'acteur, ses attitudes, ses ambitions, son information préalable, sa conception de ses propres intérêts sinon des éléments de programmation antérieurs aux conduites actuelles ? Ce que Boudon semble vouloir faire ressortir, c'est la place que prend la délibération par rapport à la préparation chez l'individu humain. L'importance de la délibération chez l'humain fait de lui une sorte de système autoguidé, auto-organisé, ou peut-être tout simplement autonome, que Boudon oppose à une conception de l'individu comme système balistique, c'est-à-dire dont les actions sont entièrement préparées avant leur accomplissement et indépendamment de la volonté de l'individu. Dans l'extrait suivant, Boudon exprime cette différence en soutenant bel et bien que dans la conception balistique, les conditions antérieures à l'action suffisent pour expliquer celle-ci :

par paradigmes déterministes nous comprenons les paradigmes interprétant un comportement observé de la part d'un sujet social exclusivement à partir d'éléments antérieurs au comportement en question ²³³.

La distinction n'est peut-être pas si facile à établir. Si l'on intègre dans l'explication, par des éléments antérieurs, une connaissance des méthodes de délibération utilisées par l'agent, de même qu'une connaissance des conditions

²³² Boudon (1979), p. 50.

²³³ Boudon (1977), p. 235.

du milieu auxquelles ces méthodes sont sensibles, on se trouve devant une explication « déterministe » d'un système autonome. L'indéterminisme relatif qu'introduisent les méthodes de délibération utilisées par l'agent provient de la part de tâtonnement en elles. Est-ce que Boudon souhaite opposer le hasard des tâtonnements aux déterminismes sociaux et environnementaux ? Non, certainement pas, car ce qu'il oppose au « déterminisme », c'est le caractère actif des individus, leur capacité à choisir, à décider. C'est en exigeant de préciser ce que signifie choisir et décider que l'opposition que tente de créer Boudon prend du plomb dans l'aile : comment sont constituées les procédures de décision que les individus utilisent ? Ne sont-elles pas autre chose qu'un élément de programmation antérieur à l'action²³⁴ ? Peut-on vraiment suivre Boudon dans cette façon de marquer la distinction entre système intentionnel balistique et système intentionnel autonome ? Je ne crois pas car un système auto-organisé n'est pas moins susceptible d'une interprétation « déterministe » qu'un système balistique. Boudon soutient ensuite qu'une conception « déterministe » des conduites ne permet pas de saisir les caractères propres aux phénomènes collectifs humains. Selon lui, elle ne permet pas de comprendre les conflits sociaux, le changement social, les « conséquences inattendues » et les « effets pervers » :

Dans certains de ses aspects la sociologie contemporaine apparaît souvent comme une sociologie sans sujet : l'*homo sociologicus* y est décrit soit comme programmé par les « structures sociales », soit comme déterminé par ses origines sociales et sa position sociale. Dans le texte qui suit j'ai essayé de montrer que ce paradigme déterministe est à la fois inutile et coûteux. En refusant à l'agent social la faculté de choix, de décision, de création, d'innovation, le sociologue tombe dans

²³⁴ Aron (1948/1981, p. 90): « L'homme vit entouré des restes du passé qui restituent une sorte de présence à ceux qui ne sont plus. Il vit dans une communauté à la fois sociale et spirituelle, intérieure à chacun puisqu'elle se manifeste par l'assimilation partielle des consciences, extérieure à tous puisque personne n'est l'origine des pratiques communes, que personne n'a choisi l'état de savoir et la hiérarchie des valeurs qu'il a reçus et acceptés ».

la tentation permanente de la sociologie, le sociologisme. Il est alors frappé d'une sorte de cécité [...] les paradigmes déterministes imposent au sociologue des coûts prohibitifs : ils le rendent impuissant à concevoir et *a fortiori* à expliquer des phénomènes aussi importants que les conflits sociaux ou le changement social [...] les notions de choix, de décision, d'anticipation, de liberté [...] Sans ces notions, il est impossible de comprendre l'apparition des conséquences inattendues au sens de Merton, des contradictions au sens de Marx, de la contre-finalité au sens de Sartre et, généralement, de ce que j'appelle ici les effets pervers²³⁵.

Cette prise de position exige quelques commentaires. *A priori* rien n'empêche de penser qu'un assemblage d'agents balistiques ne puisse pas changer. Le changement pourrait être programmé. Ou alors, si la préparation est « imparfaite », les actions interféreront de diverses manières (imprévues par le programmeur), causant ainsi divers conflits, et l'allure de l'assemblage pourrait se transformer au cours du temps, de façon difficilement prévisible pour l'observateur. Boudon semble avoir en tête un programme parfaitement stable et cohérent lorsqu'il critique la conception balistique. Toute imperfection, tout « effet pervers », lui semble dès lors la preuve qu'il n'existe pas de programme alors que, tout au plus, la présence de ces « effets » rend peu plausible l'existence d'un programme parfaitement cohérent. Encore que rien n'oblige que ce qui nous apparaît comme un effet pervers ou une imperfection du point de vue des agents élémentaires le soit également du point de vue du programmeur, le système sociogénétique. La notion d'effets pervers est nécessairement relative à un point de vue et le point de vue du programmeur sociogénétique n'est pas celui des sous-agents qu'il programme. En fait, c'est probablement l'idée même de programmation qui est inadéquate pour établir la distinction que souhaite établir Boudon. Les actions d'un système autonome qui

²³⁵ Boudon (1977), p. 187-188.

choisit, décide, innove ne reposent pas moins sur des procédures programmées que celles d'un système balistique, comme l'écrit Cellérier :

un programme peut produire un comportement « aléatoire », « illogique », « contraire aux lois physiques », heuristique, etc., à son niveau de description le plus élevé, alors que toutes les opérations aux niveaux inférieurs des machines virtuelles et réelles qui le réalisent seront déterministes, logiques, physiques, algorithmiques, etc. L'autodétermination repose de la même manière et avec la même nécessité sur les déterminismes logiciels et physiques des niveaux inférieurs de (sa) réalisation. Ainsi le cerveau et le système cognitif du maître et de l'esclave socratiques sont aussi soumis au déterminisme physique et aux déterminismes logiciels (y compris celui des gènes) l'un que l'autre, mais l'un est plus libre que l'autre. Ce n'est donc pas à ces niveaux fonctionnels inférieurs, mais à celui des degrés de liberté des activités psychologiques individuelles et de leurs interactions sociales, que se manifeste et se définit la « liberté humaine »²³⁶.

Dans la perspective présentée dans la première partie, tout système vivant ou artificiel est non seulement susceptible d'une modélisation procédurale, mais doit pouvoir être modélisé à ce niveau pour acquérir un statut d'objet d'étude légitime. L'idée de programme donne une assise rationnelle aux interprétations téléonomiques. Il n'est pas évident d'opposer programmation et décision. Il n'y a pas de décision sans procédures programmées et pas de programme qui ne décide pas.

Aussi difficile soit-elle à établir, la distinction entre système balistique et système autonome ou auto-organisé demeure pourtant fondamentale et Boudon a raison de souligner que cette distinction mène à des conceptions différentes des systèmes sociaux. Peut-on tenter d'aller plus loin dans la clarification de

²³⁶ Cellérier (1992a), p. 240.

cette distinction ? Peut-on la situer, avec Cellérier et probablement Boudon, dans les degrés de liberté des activités psychologiques et interactionnelles, dans la créativité qui se manifeste dans ces activités ? Comment caractériser la créativité sans l'opposer complètement à l'idée de programme ? Peut-être en plaçant clairement notre caractérisation sur le plan de la théorie de la compétence. Pour qu'un système balistique bénéficie d'une certaine compétence, toutes les conditions rencontrées doivent être prévues et accommodées par le système sous la forme d'éléments antérieurs, sous la forme d'une préparation de l'action. Tous les choix sont antérieurs à l'action actuelle. Le système autodéterminé doit faire face à des conditions partiellement imprévues et construire des solutions en partie inédites pour y répondre. Il évalue, il compare, il délibère en temps réel. Cette distinction n'a toutefois de sens que si l'on précise en quel sens un processus est préparé et en quel sens un processus constitue une délibération. C'est dans le cadre de la théorie des procédures heuristiques et algorithmiques que nous pouvons établir rigoureusement cette distinction. Mais ce n'est pas tout. Pour que les délibérations aient un impact le moins étendu, il faut des degrés de liberté dans les interactions sociales. Ce qui plaide en faveur de cette conception que défend Boudon de l'individu comme système autonome ou auto-organisé, c'est que l'individu ne se trouve pas toujours en situation de choix forcés, ou prisonnier de rôles strictement définis de l'extérieur auxquels il ne peut en aucun cas déroger, et que ses systèmes de croyances et de valeurs ne sont pas fixés une fois pour toute dans l'enfance.

5.4 L'interprétation téléoreprésentationnelle des phénomènes collectifs

Boudon et Giddens rejettent à peu près complètement l'idée d'appliquer le cadre d'interprétation téléoreprésentationnel aux phénomènes sociaux. Si nous devons nous rendre à leurs arguments, il nous faudrait renoncer à l'idée de compétence collective, ou à tout le moins en restreindre énormément la portée.

Il nous faudrait presque renoncer à étendre la science des systèmes compétents aux systèmes sociaux. Il est donc important de voir en quoi consistent ces arguments. Avec Boudon, réglons d'abord le cas des « agrégats » : « le sociologue ne peut se satisfaire d'une théorie qui considérerait des agrégats (classes, groupes, nations) comme les unités les plus élémentaires auxquelles il soit nécessaire de descendre²³⁷ ». Pourquoi ? Parce que ces phénomènes ne sont pas nécessairement des agents, c'est-à-dire des systèmes de décision : « l'assimilation d'un groupe à un individu n'est légitime que dans le cas où un groupe est organisé et explicitement muni d'institutions lui permettant d'émettre des décisions collectives²³⁸ ». Cette proposition est ce que j'ai trouvé chez Boudon de plus apparenté aux balises que proposent les sciences de la cognition pour l'interprétation téléoreprésentationnelle. Boudon ne semble pas explorer cette piste ailleurs dans son œuvre. Dans *La place du désordre*, Boudon nie explicitement, en se réclamant de Weber, la possibilité qu'on puisse appliquer le cadre d'interprétation téléoreprésentationnel aux assemblages humains :

Tout phénomène M résultant de l'agrégation de comportements, et ne pouvant être expliqué que si ces comportements sont eux-mêmes « compris », l'observateur doit pouvoir se mettre à la place de l'acteur. Mais le dernier énoncé n'a de sens que s'agissant d'acteurs individus. En effet, on ne peut imputer d'états mentaux qu'à des individus, et c'est seulement par métaphore qu'on applique des concepts tels que *volonté*, *conscience* ou *psychologie* à des « sujets » non individuels²³⁹.

Il ajoute plus loin :

Certes on peut « comprendre » le comportement d'un individu et non celui d'un atome, mais on n'explique pas un système social autrement

²³⁷ Boudon (1979), p. 82.

²³⁸ Boudon (1979), p. 82.

²³⁹ Boudon (1984), p. 62.

qu'un système physique. La relation de compréhension sur laquelle Weber a opportunément insisté est caractéristique du couple observateur/sujet, mais elle est totalement dépourvue de signification, contrairement à un contresens parfois commis sur la pensée de Weber, s'agissant du couple observateur/système social ou du couple observateur/processus social²⁴⁰.

Selon Boudon, on explique un système social sous la forme de processus d'interaction entre individus. Ces processus forment des systèmes dont les types idéaux opposés sont les « systèmes fonctionnels » et les « systèmes d'interdépendance²⁴¹ ». Les systèmes d'interactions fonctionnels sont des systèmes de division du travail constitués par des rôles plus ou moins flous et plus ou moins bien coordonnés entre eux qu'assument les individus dans les interactions. Les systèmes d'interdépendance sont définis en opposition aux systèmes fonctionnels, c'est-à-dire que les interactions entre individus n'y sont réglées par aucun rôle. Différents processus causaux non voulus par les individus apparaissent dans les systèmes d'interactions, en particulier dans les systèmes d'interdépendance : processus causaux de « reproduction », de « renforcement », de « stabilisation », de « neutralisation », d'« amplification » et d'accumulation (processus orienté), par exemple. Rien dans cette conception des processus sociaux n'interdit de concevoir qu'ils puissent se constituer en agents collectifs dotés de compétences si, comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, les propriétés téléoreprésentationnelles ne sont pas définies en opposition aux processus causaux mais sont des propriétés que ceux-ci peuvent ou non présenter. Il serait alors possible de les « comprendre » comme on peut « comprendre » le comportement d'un thermostat, « comprendre » les conduites d'un chat aux aguets, d'une meute de loups en chasse, d'un arbre qui s'élève pour aller chercher efficacement la lumière dont il a besoin dans un contexte de concurrence, par exemple. La « compréhension » de la tradition des

²⁴⁰ Boudon (1984), p. 207.

²⁴¹ Boudon (1979), p. 86-87.

Geisteswissenschaften n'a rien de magique et consiste en une modélisation sous forme de système intentionnel au sens donné par Dennett à cette expression. La « compréhension » ne porte pas sur les « états mentaux » mais bien sur les propriétés téléoreprésentationnelles. On ne peut réduire le téléoreprésentationnel au mental, au psychologique et au conscient que sous le coup d'une décision arbitraire. C'est cette réduction que j'ai dénoncée dans le chapitre 2. Ailleurs, Boudon associe avec raison la méthode individualiste, c'est-à-dire l'interprétation téléoreprésentationnelle des individus, avec le phénomène de l'adaptation. Mais l'adaptation ne prend-elle pas place non seulement chez l'individu humain mais aussi chez la bactérie et dans toutes les populations animales ?

Voyons maintenant quels sont les arguments de Giddens pour refuser l'application du cadre d'interprétation téléoreprésentationnel aux collectivités. De Giddens je retiendrai deux de ses discussions sur l'explication fonctionnelle, qu'on retrouve dans *La constitution de la société* autour des pages 60 et 61, et 357 à 361. Ces discussions soulèvent très bien la question cruciale des rapports entre deux niveaux de systèmes finalisés, individuel et collectif. Voici ce qu'on y lit :

L'erreur de Merton est de supposer qu'une telle démonstration de l'existence d'une relation fonctionnelle constitue simultanément une raison de l'existence du cérémonial. Ici Merton introduit subrepticement dans l'analyse ce que j'appelle des « raisons de société », ou « raisons sociétales », sur la base de présumés besoins attribués à cette société. Suivant ce raisonnement, nous pouvons affirmer que le groupe a « besoin » du cérémonial pour lui permettre de survivre et, par conséquent, la perpétuation de ce cérémonial n'a rien d'irrationnel puisqu'elle est au principe de la survie du groupe. Mais affirmer que la survie d'un état social A et le maintien de sa forme habituelle nécessitent une pratique sociale B équivaut plutôt à soulever

une question à laquelle une telle affirmation ne peut répondre. La relation entre A et B n'est pas analogue à celle qui relie les désirs ou les besoins d'un acteur individuel et ses intentions. Chez l'individu, les désirs qui sont constitutifs de ses impulsions motivantes génèrent une relation dynamique entre la motivation et l'intentionnalité. Ce n'est pas le cas des systèmes sociaux, sauf pour ceux dans lesquels les acteurs agissent en connaissance de ce qu'ils croient être des besoins sociaux²⁴².

Le rejet de l'explication fonctionnelle par Giddens repose ici sur l'asymétrie société/individu. Les « besoins » ou « désirs » des individus seraient « explicatifs » dans la mesure où ils s'introduisent dans la conscience sous la forme d'« intentions », c'est-à-dire sous la forme de relations de moyens à fins représentées dans la conscience réflexive ou intégrée dans la « conscience pratique ». Au contraire, les « besoins » fonctionnels des « sociétés » ne guideraient pas leurs « conduites », n'étant pas représentées *a priori* par un système de guidage par relations de moyens à fins. Une telle position pose un problème énorme puisqu'elle revient à rejeter toute légitimité à l'explication fonctionnelle et au cadre d'interprétation téléoreprésentationnel en dehors du guidage « intentionnel » de l'action par un individu « conscient » (« pratiquement » ou « réflexivement » !). Ainsi Giddens écrit-il : « Des besoins sociaux n'existent en tant que facteurs causaux engagés dans la reproduction sociale que si les agents concernés les reconnaissent comme tels, et en font usage²⁴³ ». Évidemment, on pourrait voir dans cette citation le même souci légitime que nous avons vu chez Varela de mettre en garde contre une confusion entre les niveaux d'explication « causal » et téléoreprésentationnel. Giddens centre son attention sur les processus collectifs « causaux » comme en témoigne les termes qu'il utilise ici : « facteurs causaux engagés dans la reproduction sociale ». Giddens n'offre toutefois pas beaucoup de moyens conceptuels pour

²⁴² Giddens (1984/1987), p. 61.

²⁴³ Giddens (1984/1987), p. 360.

rendre compte des propriétés proprement téléoreprésentationnelles des processus causaux collectifs. Il n'y aurait ni projets collectifs ni compétences collectives sans leur conception et leur mise en action par des « consciences » individuelles.

Si l'on étendait le raisonnement de Giddens, la fonction des ailes, des sabots, des poumons et du cœur ne serait en rien « explicative » de l'existence de ces membres et organes et des « conduites » des cellules qui les composent car les nécessités auxquelles ils répondent n'ont jamais été prises en charge par une « conscience » qui se les aurait représentées *a priori*. La position d'une science des systèmes finalisés serait plutôt de soutenir que depuis le tout début, la vie est confrontée à des nécessités fonctionnelles qu'il lui faut satisfaire pour obtenir les compétences nécessaires à sa perpétuation et à son extension. L'évolution est une longue histoire de construction et de mise à l'épreuve des solutions aux problèmes de fonctionnement et d'adaptation que rencontrent les machines vivantes. Les nécessités fonctionnelles et adaptatives structurent de bout en bout les formes et les conduites des objets vivants et artificiels. Or il n'y a pas de grand architecte « conscient » pour guider la construction de ces formes en se les représentant *a priori*. Ces formes sont le produit des procédures de recherche constitutives des systèmes vivants.

5.5 L'explication fonctionnelle

Giddens a raison de dire que les explications fonctionnelles sont incomplètes. Durkheim lui-même ne disait pas autre chose dans *Les règles de la méthode sociologique* :

Faire voir à quoi un fait est utile n'est pas expliquer comment il est ce qu'il est. Car les emplois auxquels il sert supposent les propriétés spécifiques qui le caractérisent, mais ne le créent pas [... p. 90] Quand donc on entreprend d'expliquer un phénomène social, il faut rechercher

séparément la cause efficiente qui le produit et la fonction qu'il remplit. Nous nous servons du mot fonction de préférence à celui de fin ou de but, précisément parce que les phénomènes sociaux n'existent généralement pas en vue des résultats utiles qu'ils produisent. Ce qu'il faut déterminer, c'est s'il y a correspondance entre le fait considéré et les besoins généraux de l'organisme social et en quoi consiste cette correspondance, sans se préoccuper de savoir si elle a été intentionnelle ou non [p. 95].

Une explication fonctionnelle complète doit s'appuyer au minimum sur une explication « causale » de principe. C'est cette idée que j'ai développé dans le chapitre 3 et dont j'ai fait une balise pour l'explication rigoureuse de tout système finalisé. Giddens a probablement tort de soutenir que les explications fonctionnelles n'ont aucune valeur explicative²⁴⁴. Elles relèvent du cadre d'interprétation téléoreprésentationnel appliqué aux collectivités humaines et ne devraient donc pas être mises en opposition avec des explications causales puisque les propriétés téléoreprésentationnelles se définissent sur les propriétés causales : ce sont les différents processus causaux qui manifestent ou non des propriétés téléoreprésentationnelles aux yeux de l'interprète. La démarche de l'analyse fonctionnelle a pour caractéristique de chercher à mettre au jour les moyens utilisés par l'agent collectif pour accomplir son projet. Dans sa version idéale, l'analyse fonctionnelle incite à la recherche des conditions de possibilité d'une compétence collective. Dans la perspective défendue dans cet essai, il n'y a donc pas de raison de renoncer à utiliser la notion de « fonction » qui, selon Giddens, « implique l'existence de certaines qualités téléologiques que les systèmes sociaux sont censés posséder et en vertu [de laquelle] nous attribuons l'existence de certains éléments du social au fait qu'ils répondent à des besoins fonctionnels²⁴⁵ ».

²⁴⁴ Voir Giddens (1984/1987), p. 358.

²⁴⁵ Giddens (1984/1987), p. 359.

Le discrédit que jette Giddens sur la notion de fonction lorsqu'elle est utilisée en dehors de toute reconnaissance et prise en charge par une « conscience » individuelle semble reposer entièrement sur cette psychologisation arbitraire des propriétés téléoreprésentationnelles que j'ai dénoncée dans le chapitre 2. Cette « erreur » est lourde de conséquence car la psychologisation du téléoreprésentationnel contraint les possibles d'une façon fort étroite comme le montre toute la discussion de Giddens sur l'idée de fonction. Durkheim, qui n'effectue pas cette réduction du téléoreprésentationnel au « mental » me semble avoir fait une analyse plus intéressante de la question :

Mais si l'on ne doit procéder qu'en second lieu à la détermination de la fonction, elle ne laisse pas d'être nécessaire pour que l'explication du phénomène soit complète. En effet, si l'utilité du fait n'est pas ce qui le fait être, il faut généralement qu'il soit utile pour pouvoir se maintenir. Car c'est assez qu'il ne serve à rien pour être nuisible par cela même puisque, dans ce cas, il coûte sans rien rapporter. Si donc la généralité des phénomènes avait ce caractère parasitaire, le budget de l'organisme serait en déficit, la vie sociale serait impossible. Par conséquent, pour donner de celle-ci une intelligence satisfaisante, il est nécessaire de montrer comment les phénomènes qui en sont la matière concourent entre eux de manière à mettre la société en harmonie avec elle-même et avec le dehors²⁴⁶.

Dans cet extrait, Durkheim fait une analyse praxéologique des phénomènes collectifs. Comme je l'ai souligné plus tôt, la praxéologie est un élément fondamental de la science des systèmes compétents. Elle est la théorie qui fait de l'action une articulation des moyens et des fins, avec prise en compte des coûts et des gains (qualitatifs et quantitatifs). Elle concerne la norme de rationalité que l'interprète projette sur le monde vivant pour y lire les raisons des formes et des conduites. Les catégories de la praxéologie sont

²⁴⁶ Durkheim (1895), p. 97.

fondamentales probablement parce qu'elles correspondent au principal problème de la vie, soit le combat contre l'entropie, la dégradation de l'énergie et de l'information. Si l'on peut lire des significations d'utilité fonctionnelle (finalité et rendement) dans le monde vivant, qui est le « texte » premier, c'est que des procédures les construisent en résolvant les problèmes de la vie. Nous avons vu dans le chapitre 2 qu'il est arbitraire de limiter l'usage de ce cadre d'interprétation à l'individu et à sa « conscience », contrairement à ce que Giddens et Boudon semblent croire. Nous avons vu dans le chapitre 3 que ce qui nous autorise à lire dans le texte du monde des significations téléoreprésentationnelles ou praxéologiques, c'est la possibilité de les attribuer à des machines virtuelles et matérielles.

Dans son article « *Rationality as Process and as Product of Thought* », Simon décrit bel et bien l'explication fonctionnelle dans les sciences du social comme une projection de la norme de la rationalité praxéologique sur les phénomènes collectifs :

*Institutions are functional if reasonable men might create and maintain them in order to meet social needs or achieve social goals. It is not necessary or implied that the adaptation of institutions or behavior patterns to goals be conscious or intended. When awareness and intention are present the function is usually called manifest, otherwise it is a latent function. The function, whether it be manifest or latent, provides the grounds for the reasonableness or rationality of the institution or behavior pattern. As in economics, evolutionary arguments are often adduced to explain the persistence and survival of functional patterns, and to avoid assumptions of deliberate calculation in explaining them*²⁴⁷.

²⁴⁷ Simon (1978b), p. 3-4 [reproduit dans Simon (1982) p. 446-447].

L'explication fonctionnelle est l'une des formes importantes que prend l'interprétation téléoreprésentationnelle des phénomènes collectifs. Le recours au principe de la sélection se comprend bien à la lumière du chapitre précédent. Le principe de la sélection est en fait une procédure de recherche universelle apte à construire des propriétés téléoreprésentationnelles, tout en étant susceptible d'une interprétation causale. Pour conclure sur Giddens et l'explication fonctionnelle, je dirai que celui-ci a raison de soutenir que cette dernière est incomplète parce qu'il n'existe pas de lien constitutif direct entre les raisons sociétales et la construction des systèmes sociaux. Il faut lui adjoindre des explications procédurales et causales, comme nous l'avons vu dans le chapitre 3. Je ne suivrai pas Giddens, toutefois, lorsqu'il soutient que les nécessités fonctionnelles, et les explications fonctionnelles, n'ont aucune portée explicative. Giddens en arrive à cette conclusion parce qu'il ne voit pas que les relations de moyens à fins sont construites par des procédures, et que la raison individuelle n'est qu'une manifestation parmi d'autres de la mise en œuvre de procédures par les systèmes finalisés. Les processus sociaux aussi peuvent prendre la forme de procédures, même si aucun individu n'a fait leur conception. Le *hill-climbing*, par exemple, assemble patiemment des relations de moyens à fins, en les testant après coup au lieu de les concevoir *a priori*²⁴⁸. La sociogenèse peut ainsi en principe couvrir les nécessités fonctionnelles sans qu'il n'y ait de lien « motivationnel », au sens ou Giddens l'entend, entre ces nécessités et la production des solutions particulières qui y répondent.

²⁴⁸ Durkheim avait déjà exprimé cette différence entre la conception en vue des résultats et la sélection après coup et c'était l'une des justifications qu'il donnait au choix du mot fonction plutôt que but ou fin : « Si nous avons choisi ce terme [celui de fonction], c'est que tout autre serait inexact ou équivoque. Nous ne pouvons employer celui de but ou d'objet et parler de la fin de la division du travail, parce que ce serait supposer que la division du travail existe en vue des résultats que nous allons déterminer. Celui de résultats ou d'effets ne saurait davantage nous satisfaire, parce qu'il n'éveille aucune idée de correspondance. Au contraire, le mot de rôle ou de fonction a le grand avantage d'impliquer cette idée, mais sans rien préjuger sur la question de savoir comment cette correspondance s'est établie, si elle résulte d'une adaptation intentionnelle et préconçue ou d'un ajustement après coup. Or, ce qui nous importe, c'est de savoir si elle existe et en quoi elle consiste, non si elle a été pressentie par avance ni même si elle a été sentie ultérieurement », *De la division du travail social*, PUF, p. 11-12.

Il faudrait donc resituer l'histoire de tout assemblage humain dans l'histoire de sa sélection : tout assemblage actuel doit être mis en relation avec tous les assemblages rejetés, comme le joueur de pile ou face gagnant dix fois de suite doit être replacé dans le tournoi dont il est le produit²⁴⁹. En d'autres mots, tout assemblage actuel est le sommet d'une grande pyramide d'expérimentation, et peut lui-même être situé dans les tournois contemporains desquels émergeront les assemblages du futur. Les conséquences des orientations adoptées par Giddens sont lourdes puisqu'elles appauvrissent l'idée que l'on peut se faire des collectivités humaines et de leurs compétences : ces dernières ne peuvent alors qu'être réduites aux seules compétences des individus. Si une collectivité sait faire quelque chose, c'est qu'un individu possède cette compétence de par sa « conscience » réflexive ou pratique. Or, cette idée ne va pas de soi et nous fait passer à côté de l'un des problèmes théoriques importants que soulève l'idée de compétence collective, qui est celui de la nature des rapports entre les compétences (et les fins et les connaissances) des individus et celles des systèmes qu'ils constituent. La compétence d'une collectivité peut-elle s'expliquer sous la forme d'une simple juxtaposition des compétences des individus qui la composent ? Ne doit-il pas y avoir coordination entre les compétences de chacun ? Ne doit-il pas y avoir une organisation d'ensemble ? Cette organisation d'ensemble est nécessaire pour que des compétences collectives se manifestent. Elle est elle-même une compétence, mais qu'aucun individu ne possède à lui seul, une compétence proprement collective. Une telle organisation d'ensemble ne peut-elle exister que si elle a été conçue par une « conscience » ? C'est cette idée qui sous-tend l'esprit gestionnaire, la tentation centraliste et dirigiste, et le modèle de gestion fondé sur la planification, la direction autoritaire et le contrôle.

²⁴⁹ Dennett (1995) donne l'exemple du tournoi de pile ou face pour illustrer comment un algorithme fort simple peut produire des résultats autrement fort improbables. On peut en effet fournir à coup sûr un joueur de pile ou face qui a gagné dix fois de suite. Un tel événement est bien improbable, mais il y a une technique bien simple pour obtenir ce résultat : il suffit d'organiser un tournoi entre 1 024 (2^{10}) joueurs. Le gagnant aura nécessairement gagné 10 fois de suite. Il aura suffi d'un algorithme fort simple pour l'obtenir. La satisfaction de besoins sociétaux invisibles aux yeux (réflexifs ou pratiques !) des individus peut passer par le même type de processus.

Chapitre 6

Comprendre l'intelligence décentralisée

6.1 Les processus décentralisés

Lorsqu'il est question des collectivités humaines, on a tendance à commettre deux erreurs liées entre elles qui compromettent l'étude des compétences collectives. La première erreur est celle que les chapitres 2 et 3 nous permettent de repérer et de corriger. Elle consiste à ne considérer les phénomènes collectifs que comme des processus ou des systèmes causaux. Les phénomènes collectifs ne seraient que des systèmes de causes, dans le sens où ils ne seraient pas voulus et conçus dans leur ensemble par une intelligence organisatrice et dans le sens où ils ne seraient pas, en tant que tout, susceptibles d'une interprétation à l'aide des catégories de but, de connaissance, de compétence, de méthode et de tâche. Un individu aurait des buts et des connaissances, mais pas un ensemble d'individus en interaction. Sans but et sans connaissance, il n'y a pas de sens à parler de compétence. Il n'y aurait donc pas de compétences proprement collectives. Malgré ses déficiences, la perspective causale est importante car elle nous libère de l'autre erreur que l'on commet trop facilement et qui prend racine dans nos conceptions naturellement centralistes et dirigistes : s'il y a un ordre, c'est-à-dire des régularités, dans les phénomènes complexes, c'est qu'un planificateur central l'a pensé et imposé. On ne croit pas facilement qu'un ordre global peut résulter de décisions locales²⁵⁰. La pensée contemporaine accorde de plus en plus de place à l'idée

²⁵⁰ Resnick (1994, p. 4) : « *When people see patterns in the world (like a flock of birds), they often assume that there is some type of centralized control (a leader of the flock). According to this way of thinking, a pattern can exist only if someone (or something) creates and orchestrates the pattern* ». Polanyi (1951, p. 154) avait fait la même observation plus de 40 ans auparavant : « *Wherever we see a well-ordered arrangement of things or men, we instinctively assume that someone has intentionally placed them in that way* ». On retrouve ce même constat chez Hayek (1973).

d'une constitution décentralisée de l'ordre. Dans les sciences du social, l'individualisme méthodologique, en particulier, a fait beaucoup pour montrer que les phénomènes collectifs ordonnés ne résultent pas obligatoirement des actions d'une volonté centrale. Il permet de penser un ordre global qui se constitue de façon décentralisée sous la forme de processus causaux de reproduction, de renforcement, de stabilisation, de neutralisation, d'amplification et d'accumulation, pour donner en exemple les types de processus évoqués par Boudon. La contribution de la perspective de l'auto-organisation à nos conceptions du monde est de même nature. Elle nous permet de penser un ordre global qui se constitue sur la base de règles d'interaction locales, comme le souligne Resnick :

Ant colonies, highway traffic, market economies, immune systems—in all of these systems, patterns are determined not by some centralized authority but by local interactions among decentralized components. As ants forage for food, their trail patterns are determined not only by the dictates of the queen ant but by local interactions among thousands of worker ants. Patterns of traffic arise from the local interactions among individual cars. Macroeconomic patterns arise from local interactions among millions of buyers and sellers. In immune systems, armies of antibodies seek out bacteria in a systematic, coordinated attack—without any generals ‘organizing’ battle plan²⁵¹.

²⁵¹ Resnick (1994), p. 3-4. Plusieurs ouvrages à succès témoignent de l'intérêt soulevé par les théories de l'auto-organisation et de la complexité. Parmi les plus intéressants, on pourrait citer Heinz Pagels (1988), *The Dreams of Reason, The Computer and The Rise of the Sciences of Complexity* ; M. Mitchell Waldrop (1992), *Complexity, The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos* ; Roger Lewin (1992), *Complexity, Life at the Edge of Chaos* ; Mitchel Resnick (1994), *Turtles, Termites and Traffic Jams* ; Stuart Kauffman (1995), *At Home in the Universe, The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity* ; John Holland (1995), *Hidden Order* ; John Holland (1997), *Emergence*. À propos de l'ampleur de l'intérêt porté aux idées de décentralisation et d'auto-organisation, ce que Polanyi, Hayek et Kaufmann appellent l'ordre spontané, Resnick (1994, p. 4) écrit : « *Ideas about decentralization and self-organization are spreading through the culture like a virus, infecting almost all domains of life. Increasingly, people are choosing decentralized models for the organizations and technologies that they construct in the world—and for the theories that they construct about the world* ». Ce phénomène lutte avec ce que Resnick (1994, p. 4) appelle le « *centralized mindset* », et la victoire n'est pas gagnée : « *But even as the influence of decentralized ideas grows, there is a*

Ces perspectives nous aident à voir comment il est possible que les processus sociaux soient le produit des actions des individus, mais qu'ils leur échappent et qu'ils les organisent en retour. Ces perspectives nous permettent de penser les rapports entre deux autonomies, l'autonomie de l'individu et l'autonomie du social²⁵². Les agents collectifs ne sont pas de simples outils dociles aux mains des individus. Ils ne sont pas pour autant des phénomènes extérieurs aux processus interindividuels qui sont leur assise concrète. Il nous faut de toute évidence penser les agents collectifs sous la forme de processus d'interaction entre individus²⁵³. Une proposition de Piaget pourrait nous servir de référence :

La société elle-même constitue, d'autre part, un système d'interactions débutant avec les relations des individus deux à deux et s'étendant jusqu'aux interactions entre chacun d'eux et l'ensemble des autres, et jusqu'aux actions de tous les individus antérieurs, c'est-à-dire de toutes les interactions historiques, sur les individus actuels²⁵⁴.

deep-seated resistance to such ideas. At some deep level, people seem to have strong attachments to centralized ways of thinking. When people see patterns in the world (like a flock of birds), they often assume that there is some type of centralized control (a leader of the flock). According to this way of thinking, a pattern can exist only if someone (or something) creates and orchestrates the pattern ».

²⁵² Voir Dupuy (1992a et 1992b). Dans sa *Logique des phénomènes collectifs* (sous-titre de son *Introduction aux sciences sociales*), Dupuy place au premier plan cette question des rapports de l'autonomie de l'individu et de celle du social. Il écrit, par exemple : « Cette idée d'une autotranscendance du social peut être résumée de la façon suivante. Elle tient dans la coexistence apparemment paradoxale des deux propositions suivantes : 1) Ce sont les individus qui font, ou plutôt 'agissent', les phénomènes collectifs (individualisme) ; 2) Les phénomènes collectifs sont (infiniment) plus complexes que les individus qui les ont engendrés, ils n'obéissent qu'à leurs lois propres (auto-organisation). Tenir ensemble ces deux propositions permet de défendre la thèse de l'autonomie du social—l'autonomie de la société et l'autonomie d'une science de la société, c'est-à-dire sa non-réductibilité à la psychologie—tout en restant fidèle à la règle d'or de l'individualisme méthodologique : ne pas faire des êtres collectifs des substances ou des sujets », Dupuy (1992a), p. 15.

²⁵³ En fait, pour être plus précis, il faut inclure également les interactions entre les individus et les objets techniques, qui sont des agents finalisés non humains, et entre objets techniques. Les agents finalisés non humains prennent de plus en plus de place dans notre monde, et contribuent énormément aux compétences qu'il présente.

²⁵⁴ Piaget (1951), p. 35.

Cette proposition exprime à la fois l'idée que les processus sociaux actuels se comprennent sous la forme de systèmes d'interactions et l'idée que les processus sociaux forment des chaînes causales ininterrompues depuis la nuit des temps²⁵⁵. C'est dans ces chaînes causales qu'on repère des régularités sous la forme de phénomènes de reproduction, de convergence, de divergence, de bifurcation, de renforcement, de réverbération, de stabilisation, de neutralisation, d'amplification et d'accumulation, entre autres. Il faut toutefois constater que tenter d'expliquer un « ordre social », c'est adopter une perspective causale sur les systèmes sociaux. Aussi importante que soit la perspective causale, qui met au jour et qui étudie les processus constitutifs du social et de son autonomie, elle est insuffisante. Dans la perspective de la science des systèmes finalisés et compétents, le problème n'est, en effet, pas seulement d'expliquer comment un ordre quelconque peut se constituer, mais bien d'expliquer comment peut se constituer un ordre porteur d'un projet collectif et d'une compétence collective. Pour comprendre une compétence, il faut pouvoir interpréter certains processus sous la forme d'algorithmes réalisés collectivement et accomplissant la tâche propre à la compétence étudiée.

6.2 Légitimité de l'idée de compétence collective

Lorsqu'on restreint les idées de compétence et d'intelligence aux seuls individus, on est porté à voir des concepteurs humains derrière toute forme d'organisation et d'adaptation, ou à nier toute intelligence, toute compétence ou toute finalité à un phénomène collectif s'il n'a pas été conçu ou récupéré à cet effet par la « conscience » d'un ou plusieurs individus. C'est cette contrainte qui pousse beaucoup d'auteurs, qui se refusent à voir complots ou conceptions délibérées dans tout ordre, à ne considérer les phénomènes collectifs que sous la forme de processus causaux, malgré l'évidence que les collectivités sont

²⁵⁵ Compte tenu de ce que j'ai avancé à propos des objets techniques, il nous faudrait des théories qui intègrent les objets techniques et les actions sur la matière inanimée dans les processus causaux qui animent les agents collectifs.

capables d'accomplir des tâches qu'aucun individu isolé ne saurait réaliser. Pour des auteurs qui adoptent cette position, accepter d'attribuer finalité et compétence à des collectivités, c'est nécessairement retomber dans la pensée centraliste, puisque dans leur esprit ces caractères ne peuvent être que ceux que des individus conçoivent et imposent à la collectivité.

L'attribution de finalité et de compétence ne doit pas être laissée à une intuition dont on peut démontrer l'arbitraire. C'est vrai aussi bien à propos des individus humains que des agents collectifs. Si ces derniers ne sont que des « quasi-sujets », c'est aussi le cas des individus. Dupuy exprime fort bien cette idée :

l'affaiblissement, voire la « déconstruction » de la conception métaphysique, c'est-à-dire cartésienne et leibnizienne, de la subjectivité s'opère dans le champ commun aux sciences sociales et aux sciences cognitives à la fois par en haut et par en bas. Par en haut : les attributs de la subjectivité ne sont pas le monopole des sujets individuels. Des entités collectives peuvent les manifester aussi bien. Par en bas : les attributs de la subjectivité ne sont pas les attributs d'un sujet, ce sont des effets émergents produits par le fonctionnement de processus sans sujet. Dans les deux cas, l'outil de cette déconstruction est le même, c'est la compréhension qu'un réseau complexe d'interactions entre des entités simples—neurones formels pour le quasi-sujet individuel, individus schématiques pour le quasi-sujet collectif—peut exhiber des propriétés remarquables. Pour un Daniel Dennett, il n'est ni plus ni moins fondé d'attribuer un état mental, par exemple une intention, à un être humain qu'à une collectivité²⁵⁶.

Est-il plus légitime de voir un sujet dans un réseau d'interactions entre neurones que dans un réseau d'interactions entre individus ? Dans l'un et l'autre

²⁵⁶ Dupuy (1994, p. 176).

cas nous avons affaire à des processus d'interaction qui agissent les uns sur les autres, des processus auto-organisés. Ces processus peuvent se constituer en procédures heuristiques et algorithmiques, ce qui fait apparaître dans le système des propriétés propres aux « quasi-sujets ». Ces propriétés caractérisent la famille des systèmes finalisés et les sciences de la cognition nous apportent des moyens de les repérer et de les étudier avec une transparence que notre intuition n'a pas. Pour qu'il y ait un agent, il est nécessaire et suffisant de voir dans le système causal une machine apte à accomplir les tâches nécessaires à la compétence qui caractérise en propre cet agent. Dupuy écrit de fait : « Les mécanismes mentaux et les mécanismes sociaux sont mis sur le même plan, en tant précisément qu'ils sont des mécanismes²⁵⁷ ». Le défi que pose l'idée de compétence collective réside alors surtout dans la difficulté d'expliquer comment un système largement décentralisé peut accomplir une tâche donnée et analysable *a priori*²⁵⁸. L'expérimentation informatique peut nous y aider, quoique modestement et peut-être surtout sur le plan de l'enrichissement de notre intuition.

²⁵⁷ Dupuy (1994, p. 177).

²⁵⁸ Hayek (1952/1953), p. 128 : « Leur trait commun le plus caractéristique résulte directement de l'incapacité où elles se trouvent, par suite de l'absence d'une théorie synthétique des phénomènes sociaux, de saisir comment l'action indépendante de beaucoup d'hommes peut produire des ensembles cohérents, des structures durables de relations qui servent d'importants desseins humains sans avoir été établis dans ce but. Ceci entraîne une interprétation « pragmatique » des institutions sociales, qui traite toutes les structures sociales, servant des desseins humains, comme le résultat d'un plan délibéré et qui nie la possibilité d'un aménagement ordonné ou voulu dans tout ce qui n'est pas ainsi construit. Ce point de vue trouve un puissant appui dans la crainte d'utiliser les concepts anthropomorphiques, si caractéristique de l'attitude scientiste. Cette crainte a banni presque complètement l'usage du concept de « fin » de la discussion des développements sociaux spontanés et elle a souvent conduit les positivistes à la même erreur que celle qu'ils souhaitent éviter ; ayant appris qu'il est erroné de considérer que tout ce qui semble contenir une sorte de finalité est créé par une intelligence organisatrice, ils sont conduits à croire qu'aucun résultat de l'action de nombreuses personnes ne peut trahir un certain ordre ou servir une fin utile, s'il n'est le résultat d'un dessein délibéré ».

6.3 L'expérimentation informatique pour penser les compétences décentralisées

Étudier les compétences collectives, c'est étudier des algorithmes réalisés par une collectivité d'agents, c'est étudier des machines sociales, c'est se demander comment les machines sociales sont possibles. La compréhension passe toujours par la mise au jour du possible, le réel étant une portion de ce possible. Comprendre comment les systèmes auto-organiseurs sont possibles, et comprendre comment des machines sociales sont possibles sur la base de tels systèmes auto-organiseurs, sont des tâches importantes de la science des systèmes finalisés²⁵⁹. Les ordres spontanés, selon l'expression de Michael Polanyi, ou systèmes auto-organiseurs, constituent le matériau dans lequel sont construits les algorithmes des machines collectives décentralisées. Un ordre spontané est une régularité qui émerge non pas parce qu'elle a été planifiée, mais parce qu'un certain nombre d'agents élémentaires interagissent entre eux sur leur propre initiative, c'est-à-dire en tenant compte de leur état interne et de leur situation locale, mais en fonction de certaines règles uniformément appliquées par tous²⁶⁰. Tous les ordres spontanés n'accomplissent pas une tâche

²⁵⁹ Sloman (1978 p. 7) fait de la mise au jour et de la compréhension des possibles une tâche essentielle des sciences de la cognition et de la science en général : « *So a computational investigation of computational processes need not be primarily a search for laws so much as an attempt to describe and explain what sort of things are and are not possible. A central form of question in science and philosophy is 'how is so and so possible?' Many scientists, especially those studying people and social systems, mislead themselves and their students into thinking that science is essentially a search for laws and correlations, so that they overlook the study of possibilities* ».

²⁶⁰ Michael Polanyi et Friedrich Hayek sont les deux principaux théoriciens des ordres spontanés dans les sciences du social. Voici comment ils nous en parlent. Polanyi (1951, p. 159) : « *When order is achieved among human beings by allowing them to interact with each other on their own initiative—subject only to laws which uniformly apply to all of them—we have a system of spontaneous order in society* ». Hayek (1973, p. 43) : « *the formation of spontaneous orders is the result of their elements following certain rules in their responses to their environment* ». En fait, il suffit que les agents élémentaires agissent d'une façon que nous pouvons nous représenter sous forme de règles : « *the rules which govern the actions of the element of such spontaneous orders need not be rules which are 'known' to these element; it is sufficient that the elements actually behave in a manner which can be described by such rules* » (Hayek, 1973, p. 43). Une règle reflète une régularité, une tendance à agir de la même façon dans des conditions similaires. C'est sur la base de telles régularités que peut émerger un ordre spontané : « *The important point is that the regularity of the conduct of the elements will determine the general character of the resulting order but not all the detail of its particular manifestation* » (Hayek, 1973, p. 40). En

utile à un agent finalisé. Tous les ordres spontanés ne sont pas, en ce sens, des machines. Au-delà du problème de l'attribution d'une finalité à un système social, c'est parfois une représentation trop pauvre des formes de machines possibles, et de ce qu'elles peuvent accomplir, qui amène certaines personnes à refuser de considérer sérieusement l'idée de machine sociale. Comme les cerveaux, les machines sociales sont des systèmes auto-organiseurs parce que les processus qui les animent agissent d'abord sur eux-mêmes. Ce sont des machines complexes parce qu'elles sont composées de très nombreux éléments qui interagissent les uns avec les autres. Ce sont des machines difficiles à comprendre parce que nous manquons de moyens conceptuels et formels pour penser les processus complexes qui ont pour principale activité de se modifier eux-mêmes. Dans un passage instructif, Minsky se penche sur cette idée de machine auto-organisatrice complexe dans le contexte de l'étude du cerveau, idée que je suggère d'étendre à l'étude des machines sociales :

In earlier times, we could usually judge machines and processes by how they transformed raw materials into finished products. But it make no sense to speak of brains as though they manufacture thoughts the way factories make cars. The difference is that brains use processes that change themselves - and this means we cannot separate such processes from the products they produce. In particular, brains make memories, which change the ways we'll subsequently think. The principal activities of brains are making changes in themselves. Because the whole idea of self-modifying processes is new to our experience, we cannot yet trust our commonsense judgments about such matters. As for brain science, no one ever before tried to study machines with billions of working parts [...] the hardest problems we have to face do not come from philosophical questions about whether brains are machines or not. There is not the slightest reason to doubt

principe, puisque c'est la régularité qui compte, il n'est pas nécessaire que les agents agissent tous selon les mêmes règles pour qu'un ordre spontané soit possible (Hayek, 1973, p. 40).

*that brains are anything other than machines with enormous numbers of parts that work in perfect accord with physical law. As far as anyone can tell, our minds are merely complex processes. The serious problems come from our having had so little experience with machines of such complexity that we are not yet prepared to think effectively about them*²⁶¹.

L'expérimentation informatique est une démarche utile, et peut-être même nécessaire, pour explorer l'espace des machines auto-organisatrices possibles, ne serait-ce que sur le plan intuitif. Les travaux d'expérimentation informatique sur les ordres spontanés et les phénomènes de complexité se multiplient. Ces derniers sont de plus en plus souvent modélisés sous forme de populations d'agents en interaction, ces agents pouvant être des atomes, des molécules, des cellules, des organismes, des organisations ou des nations²⁶². Les études sur la « vie artificielle » sont caractéristiques de ce courant de pensée selon lequel la modélisation informatique permet l'expérimentation dans l'étude des ordres spontanés²⁶³. L'étude des collectivités humaines n'est pas en reste. Il existe maintenant un champ, que certains appellent « sociétés artificielles » ou « systèmes sociaux artificiels », dans lequel on soutient que les ressources de l'informatique et de l'intelligence artificielle contemporaines rendent possible l'expérimentation sur les phénomènes collectifs et les systèmes sociaux

²⁶¹ Minsky (1986), p. 288.

²⁶² Holland (1995) et Resnick (1994) offrent probablement les introductions les plus accessibles au travail d'expérimentation informatique sur les ordres spontanés (Resnick) et sur les machines auto-organisatrices complexes (Holland). L'une des forces du travail de Resnick (1994) est de s'appuyer un système de programmation accessible à tous qui permet l'expérimentation intuitive sur les ordres spontanés. Mitchel Resnick (1994) a conçu, au *MediaLab* du MIT, l'environnement de programmation StarLogo, qui permet de bâtir des micromondes et d'y faire interagir de façon décentralisée, c'est-à-dire en fonction de règles appliquées localement, des milliers d'agents individualisés. Voir les pages Web suivantes au *MediaLab* : <http://starlogo.www.media.mit.edu/people/starlogo/> et au *Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling* de l'Université Tufts à Boston : <http://www.tufts.edu/as/ccl/cm/>.

²⁶³ Voir la sélection d'articles publiée par Langton (dir.) (1995) pour un échantillon intéressant de travaux en « vie artificielle ». Boden (dir.) (1996) introduit plus particulièrement aux problèmes conceptuels que soulève ce champ de recherche.

artificiels²⁶⁴. Les ressources intellectuelles et techniques semblent donc s'accumuler pour rendre envisageable l'exploration des processus auto-organisationnels que peuvent présenter les systèmes décentralisés d'agents en interaction, et rendre possible l'expérimentation sur les machines sociales que ces processus peuvent réaliser. Notez que, comme d'autres, je préfère parler d'expérimentation informatique plutôt que de simulation. Il ne s'agit pas de mimer bêtement les systèmes « réels » mais de créer de véritables micromondes dans lesquels il est possible d'expérimenter librement²⁶⁵.

6.4 Trois expériences informatiques pour enrichir notre intuition

Quelques petites expériences informatiques peuvent nous aider à enrichir notre intuition et mettre au jour les caractéristiques des systèmes fondés sur des règles d'action appliquées localement. Je vais présenter quelques-unes de ces expériences qui portent sur la création de véritables ordres spontanés. Pour qu'elles aient un caractère public, c'est-à-dire pour qu'elles soient transparentes et reproductibles, j'ai choisi des expériences très simples que le lecteur pourra examiner et reproduire lui-même sur son ordinateur en téléchargeant le matériel adéquat. Examinons d'abord deux de ces expériences tirées du livre de Resnick, *Turtles, Termites, and Traffic Jams*. Dans une première expérience, Resnick

²⁶⁴ Sur ce thème, on peut consulter les articles ou ouvrages suivants : Axelrod (1997) ; Bainbridge *et al.*, (1994) ; Carley et Prietula, dir. (1994) ; Castelfranchi et Werner, dir. (1994) ; Demazeau et Müller dir. (1990) ; Epstein et Axtell (1996) ; Forrest, dir. (1991) ; Gilbert et Doran, dir. (1994) ; Gilbert et Conte, dir. (1995) ; Holland (1995) ; Huberman, dir. (1988) ; Hummond et Fararo (1995) ; Lane (1993a et b), Troitzsch, Mueller, Gilbert et Doron dir. (1996) et la revue électronique *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* à laquelle on peut accéder à la page web suivante : <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/JASSS.html>.

²⁶⁵ Je pourrais peut-être invoquer le jugement que porte Murray Gell-Mann (1994) sur l'état actuel de la simulation informatique des systèmes adaptatifs complexes pour appuyer mon choix de parler plutôt d'expérimentation informatique : « *Do the simulations supply valuable intuition about real situations? Do they suggest conjectures about real situation that could be tested by observations? Do they reveal possible behaviors that had not been thought about before? Do they indicate new possible explanations of known phenomena? In most fields simulation are still too primitive for these questions to be answered in the affirmative. Nevertheless, it is astonishing how, in certain cases, a very simple set of rules can give insight into the operation of a complex adaptive system in the real world* » (Gell-Mann, 1994, p. 313-314). À l'heure actuelle, il est probablement plus important de perfectionner notre intuition à l'aide de petites expériences qui mettent en action quelques règles simples que de tenter de simuler des systèmes complexes réels.

souhaite que des agents très peu intelligents empilent des copeaux de bois dispersés sur une surface plane. Comment réaliser cette tâche en ne s'appuyant que sur quelques règles d'action locales ? Voici les règles que Resnick impose à ses agents, qu'il appelle « termites » : 1) « si tu rencontres un copeau et que tu ne transportes rien, prends le copeau » et 2) « si tu transportes un copeau et que tu rencontres un autre copeau, dépose le copeau que tu portes ». Ces règles « partagées » permettent-elles la réalisation de la tâche ? Oui, même si elles n'interdisent pas aux termites d'enlever les copeaux des piles déjà constituées, parce qu'il y a tout de même asymétrie : un termite ne déposera jamais son copeau ailleurs que sur un autre copeau. Avec 1 000 termites et 2 000 copeaux au départ, Resnick obtient autour de 34 piles de 44 copeaux après 20 000 itérations²⁶⁶. Les figures suivantes illustrent le résultat de l'exécution d'une procédure semblable à celle décrite ci-dessus, mais où les termites déposent les copeaux les uns à côté des autres au lieu de les empiler²⁶⁷. La figure 9 illustre la situation au départ, alors que les copeaux sont répartis uniformément sur la surface. La figure 10 illustre la situation après dix minutes de travail par les termites. Il ne reste plus que quatre grandes piles qui tendent à devenir circulaires.

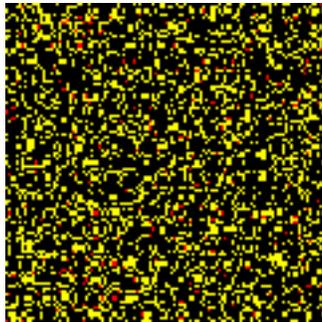


Figure 9.
Au départ

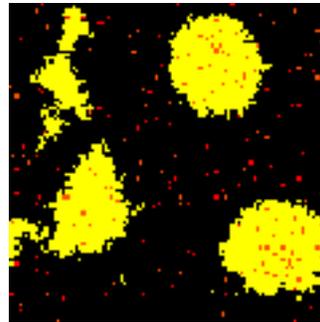


Figure 10.
Après 10 minutes

²⁶⁶ Resnick (1994, p. 79). Voir les pages Web du MediaLab et du Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling pour obtenir une variante de ce programme.

²⁶⁷ Dans l'annexe A on trouvera une séquence de cinq images tirées de l'exécution de ce programme.

Une petite expérience aussi simple que celle-ci peut déjà attirer notre attention sur quelques caractéristiques importantes des machines décentralisées et des tâches qu'elles peuvent accomplir. D'abord il faut relever que la tâche nécessite la construction de beaucoup de connaissances concrètes. Il faut repérer la position de chacun des 2 000 copeaux. Il faut repérer la position des piles en formation pour y déplacer les copeaux. Il faut établir une trajectoire entre chacun des copeaux et une pile. En bref, voici la connaissance concrète que doivent bâtir nos termites : 2 000 coordonnées de positions C (copeaux), un nombre indéterminé de coordonnées de positions P (piles), et 2 000 trajectoires reliant les premières aux secondes. Une solution possible consisterait à planifier l'ensemble de la tâche à l'avance ou de compter sur un superviseur. Pour ce faire, le planificateur devrait disposer de ressources cognitives bien supérieures à celles de nos agents termites, qui ne disposent que de quelques règles fixes et de quelques variables (transport ou non de copeaux, présence ou non de copeaux). Le planificateur superviseur devrait guider les actions de découvertes des informations pertinentes, puis bâtir les trajectoires de chacun des copeaux vers une pile sur la base de ces informations. Or les caractéristiques de la tâche font en sorte qu'il n'est pas nécessaire de disposer d'une représentation d'ensemble complète pour réussir. Il faut surtout disposer d'informations locales et ce sont elles qu'exploitent, dans le cours de l'action, les règles de la procédure programmée par Resnick. Un termite a très peu de choses à prendre en compte, et n'a pas à se préoccuper de ce que font les autres termites, ce qui permet la mobilisation d'un grand nombre de termites pour accomplir la tâche sans que cela ne soulève de problèmes de coordination. Que 10, 100, ou 1000 termites participent à la réalisation de la tâche n'augmente en rien la difficulté de la tâche qu'effectue chaque termite. Avec une telle procédure, on pourrait donc en principe s'attaquer à de très grosses tâches à l'aide de beaucoup de termites travaillant en parallèle. On pourrait rassembler 100 millions de copeaux dispersés ici et là à l'aide d'un million de termites, par exemple. La procédure que définissent les règles suivies par les termites fonctionne à petite aussi bien

qu'à grande échelle du fait qu'à l'exception des règles elles-mêmes, chaque termite n'a besoin que d'informations locales pour accomplir sa tâche. S'il était nécessaire de disposer d'information sur la situation d'ensemble autres que celles que reflètent les règles, la tâche deviendrait de plus en plus difficile au fur et à mesure qu'on augmenterait le nombre de copeaux. La fabrication de la machine, sous forme d'une troupe de termites, est relativement facile. Il suffit de reproduire un grand nombre de fois un agent très simple qui n'utilise que quelques règles faciles à appliquer. Une telle machine est robuste dans le sens que le nombre précis de termites en activité importe peu, seul l'ordre de grandeur influence les performances de la machine. Que 10 % des termites tombent en panne est à peu près sans importance.

Pourquoi s'intéresser à ces termites et à la machine qu'ils réalisent collectivement ? Parce qu'ils illustrent bien des caractéristiques des ordres spontanés et des machines fondées sur des ordres spontanés. Ceux-ci sont le résultat de l'application de quelques règles d'action ou d'interaction locales par chacun des agents d'une « population ». Ces machines peuvent construire et utiliser beaucoup de connaissances concrètes. Elles sont simples à bâtir. Elles sont également robustes, ce qui permet l'expérimentation sur les règles utilisées, c'est-à-dire la mise en action de procédures élémentaires de recherche dans l'espace des règles possibles. Dans notre exemple, on peut très bien imaginer que 10 % des termites mettent en action des variantes des règles que les autres termites utilisent. Il suffit ensuite de soumettre les règles à un processus de sélection pour obtenir une procédure de recherche dans l'espace des règles possibles. Les propriétés des ordres spontanés, simplicité de fabrication et robustesse, font d'eux et des systèmes auto-organiseurs la forme privilégiée des machines construites par les procédures de recherche élémentaires. C'est ce que nous dit Stuart Kauffman lorsqu'il avance que les processus auto-

organismes sont la matière première des processus de sélection naturelle parce qu'ils sont aptes à évoluer²⁶⁸.

Nos termites interagissent à peine entre eux. Chaque termite pris isolément dispose de la compétence nécessaire pour accomplir à lui seul la tâche. Il n'y a pas d'interdépendance entre termites dans la réalisation de la tâche. Faire appel à un plus grand nombre de termites augmente la rapidité de l'exécution du travail sans le rendre plus difficile. Une autre petite expérience informatique intuitive menée par Resnick nous permettra d'aller un peu plus loin dans la mise au jour des propriétés des ordres spontanés. Elle porte sur une machine collective dans laquelle les agents ont à se coordonner dans le cours même de l'action. Grâce à cette coordination, les agents forment une machine dont le rendement est bien supérieur à ce qu'il serait sans cette coordination. Cette machine est inspirée de la fourmilière. La tâche qu'elle accomplit consiste à repérer une source de « nourriture » et à rapporter cette nourriture à la « fourmilière ». La nourriture ne peut être détectée à distance et se situe dans un endroit inconnu au départ. Il faut la chercher. Les fourmis peuvent retracer la fourmilière par son « odeur ». La machine que Resnick présente pour accomplir cette tâche fait appel à une colonie d'agents fourmis plutôt qu'à un seul agent. Chaque fourmi explore au hasard une région de l'espace entourant la fourmilière. En d'autres mots, il y a division du travail d'exploration. La recherche de nourriture est une entreprise collective effectuée en parallèle par

²⁶⁸ Kauffman (1995, p. 188-189) : « *we return to a tantalizing possibility: that self-organization is a prerequisite for evolvability, that it generates the kind of structures that can benefit from natural selection. It generates structures that can evolve gradually, that are robust [...] Systems with redundancy have the property that many mutations cause no or only slight modifications in behavior. Redundancy yields gradualism. But another name for redundancy is robustness. Robust properties are ones that are insensitive to many detailed alterations [...] Robustness is precisely what allows such systems to be molded by gradual accumulation of variations [...] If this view is roughly correct, then precisely that which is self-organized and robust is what we are likely to see preeminently utilized by selection [...] The buildings blocks of life at a variety of levels from molecules to cells to tissues to organisms are precisely the robust, self-organized, and emergent properties of the way the world works* ». Voir la discussion de Dennett (1995, p. 223-224) sur cette idée que développe Kauffman. Dennett interprète les travaux de Kauffman comme une enquête sur les contraintes qui pèsent sur les processus constructeurs de machines : « *It is the investigation of the most general constraints on the processes that can lead to the creation and reproduction of designed things* » (Dennett, 1995, p. 227).

une troupe d'agents « explorateurs ». Lorsqu'un grand nombre de fourmis est mobilisé (par rapport aux dimensions de l'espace à explorer), il n'est pas long avant qu'une source de nourriture soit ainsi découverte. Les fourmis collaborent alors pour rapporter cette nourriture à la fourmilière. Pour que cette collaboration prenne place, la fourmi qui découvre la nourriture doit indiquer aux autres fourmis où trouver celle-ci. Les fourmis de Resnick accomplissent cette tâche à l'aide d'un signal transmis par une « phéromone » que peut émettre et détecter chacune des fourmis. Lorsqu'une fourmi trouve une source de nourriture, elle retourne à la fourmilière en émettant une phéromone le long de son trajet, traçant du même coup un chemin que pourront suivre d'autres fourmis pour retrouver la source de nourriture. Au total, chaque fourmi dirige ses actions en fonction des quatre règles conditionnelles suivantes : 1) « si tu sens la phéromone dirige-toi vers l'endroit où l'odeur est intense, sinon déplace toi au hasard », 2) « si tu trouves de la nourriture, prends-là et retourne-toi », 3) « si tu portes de la nourritures, dirige-toi vers l'endroit où l'odeur de la fourmilière est la plus forte, tout en relâchant la phéromone sur ton passage » et 4) « si tu es dans la fourmilière, dépose la nourriture si tu en portes et sort de la fourmilière²⁶⁹ ». Les programmes qui mettent en action ces règles nous démontrent que celles-ci permettent bel et bien d'accomplir la tâche que nous avons définie²⁷⁰.

Dans cette expérience, la collaboration entre les fourmis augmente considérablement le rendement de la machine. Sans collaboration, les fourmis perdraient leur temps et leur énergie à chercher au hasard les sources de nourriture, si nous incluons ces contraintes de ressources dans l'expérience. Dans une compétition entre fourmilières, celles qui s'appuieraient sur une procédure de recherche collective prendrait le dessus. Les règles d'action qui dirigent les actions de nos fourmis sont intéressantes parce qu'elles ne portent

²⁶⁹ Resnick (1994, p. 61).

²⁷⁰ Voir les pages Web du *MediaLab* ou du *Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling* pour obtenir un tel programme. On trouve à l'annexe B une séquence d'images tirées de l'exécution de ce programme.

pas explicitement sur la collaboration des fourmis dans la tâche qui consiste à chercher et à rapporter de la nourriture. Aucune règle ne fait référence aux autres fourmis et à ce qu'elles font. Le mécanisme de communication et de coordination par rétroaction est implicite dans le système de règles. Cela signifie que la quantité d'information qu'une fourmi doit traiter ne varie pas avec le nombre de ses consœurs fourmis en action. On peut multiplier le nombre de fourmis sans rendre la tâche de coordination plus difficile, ce qui ne serait plus le cas si un planificateur se chargeait de diriger les actions de chacune des fourmis. La coordination entre les éléments de cette machine est un ordre spontané. Les processus de cette machine agissent sur eux-mêmes par l'intermédiaire de la phéromone. Le résultat des processus de recherche d'une fourmi peut influencer les processus de recherche des autres fourmis.

Une autre petite expérience nous montre un exemple frappant d'ordre spontané où la collaboration permet non plus seulement d'augmenter le rendement de la machine collective, mais de réaliser une tâche qu'un agent élémentaire ne peut réussir seul²⁷¹. Dans cette expérience, la tâche est d'établir un trajet en ligne droite entre la fourmilière et une source de nourriture (de façon à maximiser le rendement énergétique de la cueillette de nourriture). Or, au départ, nos agents fourmis ne savent pas où se trouve la source de nourriture. Ils doivent explorer les alentours de la fourmilière au hasard pour la trouver. Ils sont aidés par le fait que, dans ce cas-ci, la nourriture émet une odeur qu'ils peuvent détecter lorsqu'ils arrivent à proximité d'elle. La difficulté n'est évidemment pas de trouver la nourriture mais de tracer une ligne droite entre celle-ci et la fourmilière. La procédure utilisée par nos fourmis pour réaliser cette tâche est très simple. Une première fourmi part à la recherche de nourriture en suivant une trajectoire aléatoire. Les autres fourmis sortent de la fourmilière à un rythme régulier. Elles sont dirigées par une seule règle fort simple : « suis

²⁷¹ Il s'agit du projet *ant-lines* conçu par Uri Wilensky. On peut se le procurer en allant à la page Web du Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. En annexe, on trouvera une séquence d'images que j'ai tirées de l'exécution de ce programme.

la fourmi qui te devance en t'orientant à chaque pas dans sa direction ». On pourrait peut-être associer cette règle à une forme d'imitation. La procédure nous fait donc voir une première fourmi partir en quête de nourriture avec une file de fourmis à sa suite. Dans la plupart des circonstances, la procédure fonctionne très bien. Au fur et à mesure que les fourmis sortent de la fourmilière et avancent à la suite de celle qui les a précédées, la trajectoire d'abord erratique s'aplanit de plus en plus au point de devenir à peu près droite après le passage d'un nombre suffisant de fourmis. La figure suivante illustre en rouge la trajectoire suivie par la première fourmi et en bleu la trajectoire, pas encore tout à fait droite, suivie par la 120^e fourmi lors d'une exécution du programme *ant-lines*.

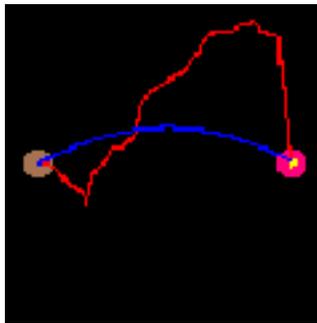


Figure 11. *Ant-line*

La compétence de cette machine à produire un trajet rectiligne ne peut être attribuée aux agents individuels qui la composent. Cette compétence réside dans la procédure collective que les fourmis mettent en action en suivant une seule règle fort simple qui ne fait aucunement référence à la tâche que réussit à faire la file de fourmis : « s'il n'y a aucune fourmi devant toi, cherche de la nourriture, sinon enligne toi sur la position de la fourmi qui te précède et avance d'un pas ». La production d'un trajet rectiligne par ces fourmis est un ordre spontané qui nous montre qu'une tâche peut être accomplie par des agents qui ne connaissent pas cette tâche et qui n'ont pas comme objectif de la réussir. Il s'agit donc d'une illustration du principe de la « main invisible ». On répliquera qu'au contraire l'ordre en question est le produit de la « main cachée » du

programmeur. C'est effectivement le programmeur qui a choisi parmi l'ensemble des règles possibles celles que devaient suivre les fourmis. Or la situation n'est pas si différente dans le cas des machines sociales que l'on explique par le principe de la « main invisible ». Les procédures que ces machines collectives accomplissent ne sont pas totalement le fruit du hasard même lorsqu'elles sont des conséquences « non intentionnelles » des actions des individus. Elles aussi doivent être le produit de constructeurs finalisés parce qu'une compétence n'apparaît pas sans un travail de construction et d'expérimentation. Elles sont le produit de procédures de construction et de recherche collectives elles-mêmes mises en action sous forme d'ordres spontanés.

Les ordres spontanés mis en action dans ces petites expériences sont de vrais systèmes décentralisés. Ce n'est pas le programmeur qui utilise l'information sur la situation propre de chaque agent et qui décide dans quelle direction ceux-ci vont se diriger. Aussi élémentaires soient-ils, les agents fourmis et termites de nos expériences informatiques « décident ». Ce sont des agents finalisés. La fourmi décide dans quelle direction avancer sur la base de la position de la fourmi qui se trouve devant elle. Le termite décide s'il prend ou non un copeau lorsqu'il en rencontre un, et il décide à tout moment s'il dépose ou non le copeau qu'il transporte. Les règles d'action utilisées représentent les buts de nos agents finalisés. On pourra objecter à ces affirmations le même argument que dans le paragraphe précédent : c'est le programmeur qui décide, puisque c'est lui qui a établi les règles de décision qu'utilisent les agents. Cette objection est paradoxale puisque lorsque je lance le programme des termites avec cinq cents agents en action, personne d'autre que ces agents eux-mêmes n'entrent en action pour effectuer la tâche de regrouper les copeaux de bois. Et pourtant, on ne peut pas négliger la contribution du programmeur aux décisions qui sont prises. Évidemment, à ce compte, il faut aussi réfléchir à l'origine des règles qu'a utilisées le programmeur pour bâtir les règles que doivent suivre les agents termites ou fourmis. Elles aussi contribuent à la compétence de nos petits

agents informatiques. Mais alors on se trouve devant deux possibilités. Soit que le programmeur les ait lui-même conçues ou qu'il les tienne d'un autre agent. Les règles qu'il a conçues, il les a conçues en utilisant des règles qui peuvent elles aussi avoir deux origines : elles sont de lui ou d'un autre agent. Par une telle régression, on ne peut que finir par atteindre des règles que le programmeur n'aura pas lui-même conçues parce qu'elles sont constitutives de sa capacité à bâtir des règles. S'il était légitime de soutenir que ce ne sont pas nos petits agents qui décident ce qu'ils font mais bien le programmeur, il faudrait admettre également que le programmeur ne prend pas lui-même toutes les décisions qui guident ses actions. Une bonne part de ces décisions prend la forme des connaissances préalables à la programmation des termites et fournis informatiques.

Dans un article intitulé *Emergence in Social Simulation*, le sociologue Nigel Gilbert met en doute la valeur d'expériences comme celles que j'ai présentées sur une autre base. Selon lui, les populations humaines se distinguent des autres systèmes complexes par le fait qu'elles peuvent prendre en compte dans leurs actions les propriétés émergentes des ordres spontanés. Il présente sa position comme suit :

*A fundamental characteristic of humans, one that is so important that it makes the societies they form radically different from other complex systems, is that people are routinely capable of detecting, reasoning about and acting on the macro-level properties (the emergent features) of the societies of which they form part. The overall lesser intelligence of animals prevents this occurring in non-human societies. The consequences of this capability to "orientate" to macro-level properties are far-reaching*²⁷².

²⁷²Gilbert (1995), p. 151. Gilbert est un acteur important dans le développement de l'expérimentation informatique en sciences du social, d'où l'intérêt de sa position. Voir Gilbert et Doran dir. (1994), Gilbert et Conte dir. (1995) et le *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* : <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/JASSS.html> >.

Une telle proposition laisse perplexes de la part d'un sociologue, puisqu'elle pourrait sembler nier, ni plus ni moins, l'autonomie du social dont nous parlions plus tôt en nous référant à Dupuy et telle que Durkheim l'a exprimée avec beaucoup de force quoique d'une façon que nous jugeons peut-être aujourd'hui un peu maladroite dans sa conception de la totalité sociale²⁷³. C'est cette autonomie du social qu'exprime l'idée d'ordre spontané. On pourrait répliquer à Gilbert que les instruments qu'utilisent les individus pour penser et agir sur les phénomènes collectifs sont eux-mêmes des ordres spontanés qui échappent toujours en partie aux « réflexions » et à la maîtrise de tout individu parce qu'infiniment plus complexes que lui²⁷⁴ ou difficilement malléables par lui, et constitutifs de sa capacité de penser et d'agir. La capacité à détecter les ordres spontanés et à les orienter, si capacité il y a, ne signifie pas, de toute façon, que les humains puissent se passer d'eux. En fait, si je comprends bien l'ensemble de l'argument de Gilbert, il souligne simplement le fait que les représentations que se font les individus des phénomènes collectifs sont constitutives de ces phénomènes. Cette proposition ne pose aucune difficulté. Les représentations sont constitutives des processus sociaux desquels émergent des ordres spontanés, qui échappent toujours en partie aux individus qui les causent par leurs actions. La morale en usage, la logique naturelle, les langues, les conceptions juridiques naturelles ou codifiées sont des systèmes de règles

²⁷³ Dans *Les formes élémentaires de la vie religieuse*, on peut lire : « on ne peut déduire la société de l'individu, le tout de la partie, le complexe du simple », Presses universitaires de France, p. 22.

²⁷⁴ C'est ce qu'exprimait très bien Durkheim, avec les moyens conceptuels de son époque, que l'on peut juger aujourd'hui insuffisants. Encore une fois dans *Les formes élémentaires de la vie religieuse*, on lit : « Les représentations collectives sont le produit d'une immense coopération qui s'étend non seulement dans l'espace, mais dans le temps ; pour les faire, une multitude d'esprits divers ont associé, mêlé, combiné leurs désirs et leurs sentiments ; de longues séries de générations y ont accumulé leur expérience et leur savoir. Une intellectualité très particulière, infiniment plus riche et plus complexe que celle de l'individu, y est donc comme concentrée [...] l'homme est double. En lui, il y a deux êtres : un être individuel qui a sa base dans l'organisme et dont le cercle d'action se trouve, par cela même, étroitement limité, et un être social [...] Cette dualité de notre nature a pour conséquence, dans l'ordre pratique, l'irréductibilité de l'idéal moral au mobile utilitaire, et, dans l'ordre de la pensée, l'irréductibilité de la raison à l'expérience individuelle. Dans la mesure où il participe de la société, l'individu se dépasse naturellement lui-même, aussi bien quand il pense que quand il agit », Presses universitaires de France, p. 22-23.

que les individus utilisent pour penser et agir sur les phénomènes collectifs et qui sont les conditions d'existence d'ordres spontanés qui ne sont pas nécessairement visés par ces règles. Ces systèmes de règles sont par ailleurs eux-mêmes des ordres spontanés. La critique de Gilbert a certainement plus de prises sur les prétentions de simulation des phénomènes réels que sur l'expérimentation informatique dans des micromondes, selon la distinction que j'ai faite plus tôt.

J'ai décrit les agents termites et fournis sous la forme d'une simple règle de décision fixe. On pourrait probablement les qualifier d'agents balistiques, au sens donné à cette expression précédemment. Dans les prochains chapitres, j'étudie des machines sociales qui font plutôt appel à des systèmes d'agents largement auto-organisés ou autonomes. Dans le chapitre suivant j'explore quelques-unes des conditions de possibilité de telles machines.

Chapitre 7

L'autonomie et le problème de la coopération

7.1 Introduction

Mon objectif est de contribuer à l'explication des compétences de certaines machines sociales de construction et d'utilisation de connaissances constituées sous la forme des interactions entre agents plus ou moins autonomes. Je fais l'hypothèse que l'autonomie des individus est un attracteur dans l'espace des machines sociales possibles parce qu'elle permet la constitution de compétences bien particulières. Je ne tenterai pas de démontrer dans ce chapitre le bien-fondé de cette hypothèse. Nous étudierons dans la troisième partie certains algorithmes de construction et d'utilisation de connaissances que ces machines réalisent et qui rendent compte, selon moi, de leurs compétences remarquables. Dans ce chapitre-ci, la question qui se pose est celle des formes que peuvent prendre les interactions entre des agents autonomes. Ces formes d'interaction possibles sont les processus sur la base desquels les machines sociales peuvent se constituer. Si l'autonomie est une source de certaines compétences collectives, elle pose des obstacles très sérieux à la constitution d'une machine sociale²⁷⁵. Je me penche plus particulièrement sur l'un de ces obstacles, le problème de la coopération, qui affecte toutes les machines sociales construites sur la base d'agents plus ou moins autonomes. Dans le chapitre suivant, c'est plus particulièrement au regard des processus

²⁷⁵ À quoi pourrait ressembler une machine sociale constituée d'agents autonomes ? La méthode suivie par Rawls (1971) et par Nozick (1974), à la suite des penseurs du contrat social, nous permet de nous en faire une idée. Elle consiste à postuler d'abord l'existence d'agents autonomes isolés et à tenter d'établir à quels arrangements collectifs, à quelles contraintes, ceux-ci seraient prêts à consentir sous la forme d'un contrat social en retour des avantages conférés par la constitution de machines collectives. Cette méthode permet d'établir quels arrangements collectifs conservent un maximum d'autonomie aux agents. La méthode que j'utilise dans ce chapitre et le suivant est similaire à celle des théoriciens du contrat social. Elle consiste à partir d'agents autonomes isolés, et à établir quels obstacles se posent à la constitution de machines

d'échange que j'étudierai le problème de la coopération, l'échange étant la forme fondamentale que prennent les interactions entre agents autonomes. Sous les thèmes de l'ordre social, de la coopération et de l'échange, j'étudie les conditions de possibilité des projets collectifs et des machines sociales qui les réalisent.

7.2 Penser l'autonomie

Au contraire d'un agent balistique, un agent auto-organisé dispose de règles d'action qui agissent sur ses propres règles d'action. Il peut donc modifier celles-ci en fonction de son fonctionnement propre et de ses interactions avec le milieu. Au sens où je l'entends ici, un agent autonome est un agent qui établit ses propres règles, c'est un agent auto-organisé, au sens étymologique du mot. L'étude des « totalités » sociales pose le défi de la théorisation des systèmes d'interactions entre agents auto-organisés ou autonomes, systèmes d'interactions qui se constituent eux-mêmes partiellement en agents auto-organisés. L'auto-organisation est une caractéristique qui autorise l'adaptation à l'inconnu. En effet, un agent qui se change lui-même peut en principe s'adapter à des circonstances non anticipées par son concepteur. Peut-être pourrions-nous caractériser l'hétéronomie des termites et fourmis informatiques du chapitre précédent par le fait qu'ils évoluent dans un espace d'action fixe entièrement tracé et réglé par leur constructeur. Aucun algorithme nouveau ne peut émerger de leurs actions. Un agent peut être relativement autonome dans la mesure où il peut mettre en action des algorithmes de « recherche » qui lui permettent de bâtir ses propres algorithmes et ses propres espaces d'action dans ses interactions avec le monde.

Une action adaptative consiste à échanger une situation contre une autre si la fin visée est mieux servie par la deuxième situation que par la première. Pour

collectives à partir de ces agents. Des mécanismes de limitation de cette autonomie sont alors introduits pour lever ces obstacles.

s'adapter à l'inconnu, un agent autonome doit évaluer des situations qu'il ne connaît pas pour établir leur valeur du point de vue de son projet et choisir la meilleure. Un agent disposera d'une capacité d'adaptation dans un nouveau milieu s'il arrive à y distinguer les situations, réelles ou possibles, les unes des autres, puis à les évaluer et à les ordonner les unes par rapport aux autres en une échelle de valeurs unique, de façon à pouvoir sélectionner l'action la plus adéquate pour la réalisation de son projet²⁷⁶. Dans ce sens, un agent autonome est un agent « praxéologique », qui doit bâtir lui-même ses compétences. La construction de compétences constitue toujours un problème d'ordre praxéologique. Un agent praxéologique peut probablement être plus ou moins autonome selon l'ampleur des changements qu'il peut apporter à ses propres algorithmes, quoiqu'il me soit difficile d'imaginer une mesure de l'autonomie ainsi définie. La principale caractéristique d'un agent praxéologique est qu'il évalue et compare tout en fonction d'une échelle de valeurs propre au projet qu'il poursuit ou qu'il incarne. Piaget nous donne une bonne description de l'agent praxéologique lorsqu'il écrit que :

pour chaque individu, selon les buts qu'il se propose d'atteindre et les moyens qu'il emploie ou compte employer dans la poursuite de ces buts, tous les objets et toutes les personnes qui l'intéressent (y compris la sienne), ainsi que toutes les actions, travaux et de façon générale tous les « services » actuellement ou virtuellement rendus par eux, sont susceptibles d'être évalués et comparés selon certaines relations de valeurs, relations qui constituent précisément une « échelle »²⁷⁷.

²⁷⁶ Von Mises (1949/1963), p. 200 : « *The gradation of the means is like that of the ends a process of preferring a to b. It is preferring and setting aside. It is manifestation of a judgment that a is more intensely desired than is b* » ; p. 204 : « *valuing means to prefer a to b. There is—logically, epistemologically, psychologically, and praxeologically—only one pattern of preferring* ».

²⁷⁷ Piaget (1941/1977), p. 102-103.

Notez que le caractère « praxéologique » d'un agent ne détermine pas, en principe, le contenu des fins qui sont poursuivies²⁷⁸. Les agents praxéologiques ne poursuivent pas nécessairement leur « intérêt » au sens le plus étroit du mot, mais plutôt les « intérêts » du projet dont ils sont porteurs. Ils évaluent les meilleurs moyens d'atteindre leurs fins, c'est-à-dire de réaliser leurs projets, quels qu'ils soient. Un agent praxéologique peut avoir comme projet de servir les autres. Il cherchera alors les meilleurs moyens de les servir. Ses actions peuvent très bien être organisées par un système de règles valorisées caractérisant son identité et définissant son projet²⁷⁹.

7.3 Problème de la coopération, problème de l'ordre social

²⁷⁸ Piaget (1941/1977, p. 103) me semble adopter la même position par rapport au contenu des échelles de valeurs : « en toute société il existe un nombre plus ou moins grand d'échelles de valeurs. Ces valeurs peuvent provenir de sources diverses (intérêts et goûts individuels, valeurs collectives imposées par l'exemple, la mode, le prestige, les contraintes multiples de la vie sociale ou encore par des règles morales, juridiques, etc.) peu importe pour l'instant. Les échelles peuvent être variables ou plus ou moins durables, hétérogènes les unes aux autres ou susceptibles de conduire à une sorte de cours moyen, par exemple pour les valeurs qui correspondent à ces besoins élémentaires d'activité, de sécurité, de liberté individuelle, de confiance mutuelle, etc. en dehors desquels aucune société n'est viable ». Friedberg (1993/1997, p. 225) est encore plus clair sur cette indétermination *ex ante* des fins poursuivies, qu'il appelle « intérêts » au sens large : « Imputer de la sorte aux acteurs des calculs et des capacités d'ajustement et/ou d'anticipation ne signifie donc ni que l'on suppose chez eux une lucidité parfaite et l'existence de préférences claires, stables et définies *ex ante*, ni que l'on réduise leurs comportements à des visées purement instrumentales ou qu'on leur applique une grille utilitariste simple. Cela revient à considérer l'action humaine comme intéressée, c'est-à-dire motivée par une visée, sans préciser davantage la nature de cette visée ou de ce mobile. Le raisonnement proposé repose donc sur une notion élargie et pour ainsi dire « heuristique » de l'intérêt. Celle-ci englobe tous les mobiles imaginables et n'en exclut aucun *a priori*. Car les intérêts des acteurs pas plus que leur rationalité ne peuvent être définis indépendamment de la situation d'interaction. Tout ce que l'on sait, c'est que, dans leur action, les hommes se préoccupent des conséquences de leurs actes, du moins de ceux dont les conséquences ne sont pas trop distantes, et poursuivent ce qu'ils considèrent (à tort ou à raison) leurs intérêts ou du moins, sauf cas exceptionnel, n'agissent pas contre eux. A l'analyste de découvrir la nature de ces intérêts et, avec eux, la structuration du champ ».

²⁷⁹ On distingue souvent la perspective des choix rationnels anticipatoires de celle de l'action organisée par des systèmes de règles qui définissent l'identité de l'individu. La première perspective est habituellement associée à l'économique et à la théorie de la décision, la deuxième à la sociologie des systèmes de normes et de rôles. On présente souvent ces deux perspectives comme en partie inconciliables. Je pense qu'elles deviennent compatibles dès lors que l'on cesse de vouloir attribuer une échelle de valeurs universelle à l'agent praxéologique. L'agent praxéologique a un système de valeurs, mais son contenu ne peut être établi indépendamment du projet que son constructeur lui assigne, ni des systèmes d'interactions dans lesquels il évolue.

L'idée d'agents individuels largement autonomes (qui se règlent eux-mêmes, qui font leurs propres lois) et de leurs rapports nous ramène au problème de l'ordre social tel que Parsons l'a défini dans *The Structure of Social Action*. En effet, en l'absence d'une organisation d'ensemble des fins poursuivies par les différents agents autonomes, c'est-à-dire en l'absence d'un projet collectif, il faudrait démontrer que l'échange libre et la coopération sont préférables au vol et à la fraude aux yeux d'un agent praxéologique. Le « problème de l'ordre » de Parsons est le problème théorique que soulève la conception « utilitariste et positiviste » de l'action des individus, assez proche de celle qui fait de ceux-ci des agents praxéologiques autonomes sans projet collectif, et mettant en œuvre des moyens rationnels pour atteindre leurs fins propres, fins non coordonnées d'un agent à l'autres. Si les fins poursuivies par les différents individus sont conçues indépendamment les unes des autres parce que les individus « font leurs propres lois » et n'ont pas de projets collectifs, rien n'empêche les actions des uns et des autres d'interférer au point où aucune action n'est plus possible. Parsons présente Hobbes comme le premier qui ait mis en lumière cette conséquence non voulue, cet effet pervers. Poussé à son extrême, le postulat d'indépendance des fins mène à la « guerre de tous contre tous », selon l'analyse classique de Hobbes dans son *Leviathan*. Si les individus sont des agents autonomes poursuivant leurs propres fins, les autres ne sont, pour un agent donné, que des obstacles ou des moyens dans la poursuite de ses fins. Du point de vue d'un agent donné, la violence et la fraude sont des moyens universels fort rentables d'atteindre ses fins. Plus encore, comme les ressources sont rares et épuisables, ce que l'un obtient, les autres en sont privés. Les agents autonomes doivent être ennemis.

From this equality of ability, ariseth equality of hope in the attaining of our Ends. And therefore if any two men desire the same thing, which neverthelesse they cannot both enjoy, they become enemies; and in the way to their End, (which is principally their owne conservation, and

*sometimes their delectation only) endeavour to destroy, or subdue one another*²⁸⁰.

Dans un tel contexte, la meilleure façon de se protéger des autres est de les soumettre par la force. La guerre de tous contre tous est le résultat global de cette poursuite sans limite du pouvoir sur les autres²⁸¹. Les compétences collectives seraient-elles impossibles dans un système composé d'agents autonomes en interaction ? L'analyse de Hobbes va dans ce sens :

*In such condition, there is no place for Industry; because the fruit thereof is uncertain : and consequently no Culture of the Earth, no Navigation, no use of the commodities that may be imported by Sea; no commodious Buildings; no Instruments of moving, and removing such things as require much force; no Knowledge of the face of the Earth; no account of Time; no Arts; no Letters; no Society; and which is worst of all, continuall feare, and danger of violent death; And the life of man, solitary, poore, nasty, brutish, and short*²⁸².

On connaît la solution que Hobbes met en valeur : une autorité centrale souveraine qui fait respecter par la force des règles d'interaction rendant possible la coopération, les règles de la justice, de l'équité et du contrat, en particulier. Pourquoi cette solution ? Tous les individus ont intérêt à utiliser la force et la fraude dans l'« état de nature », car non seulement ce sont des moyens universels souvent fort rentables, mais en plus tout individu qui n'y aurait pas recours mettrait gravement en danger son bien-être et sa vie. Il serait donc impossible à un ensemble d'agents autonomes de sortir de l'état de nature de façon spontanée par une prise de conscience de l'avantage global que tous auraient à s'en remettre aux règles de la justice et du contrat, aux règles d'un

²⁸⁰ Hobbes (1651/1965), p. 63.

²⁸¹ En fait, Hobbes (1651/1965), p. 64 présente trois sources à la guerre de tous contre tous : « *So that in the nature of man, we find three principall causes of quarrell. First, Competition; Secondly, Diffidence; Thirdly, Glory* ».

projet proprement collectif. Nous pouvons exprimer la situation des agents autonomes dans l'état de nature « hobbesien » sous la forme du dilemme du prisonnier, à la façon de bien des auteurs, dont Michael Taylor²⁸³.

Les agents autonomes peuvent choisir l'une ou l'autre de deux stratégies : ou bien ne se limiter en rien dans le choix des moyens nécessaires à l'atteinte de leurs fins (stratégie D), ou bien limiter l'éventail des moyens possibles à ceux qui respectent les *Lawes of Nature* que sont la justice, l'équité et la modestie, de même que le contrat (stratégie C)²⁸⁴. On peut envisager quatre possibilités : tous choisissent C ou D, ou seulement quelques-uns choisissent C ou D. Soit que tous adoptent la stratégie D, et le résultat d'ensemble est l'état de guerre, soit que tous adoptent la stratégie C, et alors le résultat est l'état de paix. Tous les agents préfèrent l'état de paix à l'état de guerre. Sauf que si tous les agents ne choisissent pas la stratégie C, un agent qui aura choisi cette stratégie se trouvera dans un état plus mauvais que s'il avait choisi la stratégie D, alors que ceux qui auront choisi la stratégie D seront en meilleure posture du fait que certains auront choisi la stratégie C. Tous les agents ont donc intérêt à choisir la stratégie D quel que soit le choix des autres, d'où l'impossibilité de sortir de l'état de

²⁸² Hobbes (1651/1965), p. 64-65.

²⁸³ Taylor (1987). Voir également Buchanan (1975), Ullmann-Margalit (1977) et Cordonnier (1997). Au-delà de la seule figure du dilemme du prisonnier, de nombreux auteurs s'appuient sur la théorie des jeux pour explorer les conditions de possibilité de la coopération entre agents praxéologiques. Voir, parmi bien d'autres, les ouvrages suivants : Binmore (1994), Cordonnier (1997), Elster (1989), Gauthier (1986), Schotter (1981), Taylor (1987), Ullmann-Margalit (1977). Cordonnier (1997, p. 5) résume la question qui anime ce champ de recherche : « comment et à quelles conditions la coopération s'établit-elle entre des individus égoïstes et rationnels, placés dans des circonstances données ? ». Axelrod (1984, 1997) est bien connu pour s'intéresser aussi à cette question, qu'il tente d'étudier à l'aide de l'expérimentation informatique. Il met en valeur les stratégies de réciprocité (« je coopère si tu coopères »), c'est-à-dire de coopération conditionnelle. Plusieurs des auteurs cités, dont Elster (1989) et Cordonnier (1997), concluent à l'impossibilité presque généralisée de la coopération entre agents purement autonomes, et font appel à la sociologie des systèmes de normes pour expliquer qu'elle prenne place dans les sociétés humaines.

²⁸⁴ Comme le dilemme du prisonnier implique le choix entre la stratégie de la coopération et celle de la défection, la convention veut que l'on représente par les lettres C et D les deux stratégies possibles dans ce type de jeu.

guerre²⁸⁵. On représente habituellement cette situation par un tableau comme celui-ci :

		Joueur A	
		C	D
Joueur B	C	3, 3	1, 4
	D	4, 1	2, 2

Figure 12. Le dilemme du prisonnier à deux joueurs

Selon la « thèse » de Hobbes, seule une autorité centrale absolument souveraine dotée d'un pouvoir de contrainte pourra transformer cette situation en rendant la stratégie D moins attrayante que la stratégie C et pourra faire en sorte que la situation ne soit pas D-D ou $[D_1 \dots D_N]$ mais bien C-C ou $[C_1 \dots C_N]$. La solution de Hobbes pose un problème considérable que Locke a bien vu. L'assujettissement volontaire à une autorité souveraine et absolue n'offre aucune garantie pour l'autonomie des agents puisque la souveraineté de cette autorité fait en sorte qu'elle peut utiliser la contrainte pour poursuivre des intérêts particuliers au lieu de permettre la réalisation d'un projet collectif en jouant son rôle de gendarme et d'arbitre neutre dans le maintien des relations de coopération²⁸⁶. Le souci de Locke a été d'encadrer l'autorité souveraine, de la soumettre elle-même aux « lois de la nature » et de limiter son extériorité par rapport aux « sociétaires » en la constituant sous la forme d'une assemblée législative régulièrement dissoute et reconstituée. Notez que si l'assemblée

²⁸⁵ Hobbes (1651/1965), p. 67 : « For so long as every man holdeth this Right, of doing any thing he liketh; so long are all men in the condition of Warre. But if other men will not lay down their Right, as well as he; then there is no Reason for any one, to divest himselfe of his : For that were to expose himselfe to Prey [...] ».

²⁸⁶ Pierre Manent (1987, p. 108) : « L'objection de Locke [à la solution de Hobbes] est bien connue : transmettre tous ses droits à un souverain absolu, ce n'est pas sortir de l'état de guerre, c'est l'aggraver. Sous couleur de se fabriquer un protecteur, on arme un ennemi. Pour se défendre des renards (ses voisins), on se met sous la griffe d'un lion ».

législative était dotée elle aussi d'une souveraineté illimitée, rien n'assurerait plus que l'autorité centrale respectera les « lois de la nature » et l'autonomie des agents que celles-ci permettent.

Faut-il rejeter du revers de la main la possibilité qu'il puisse y avoir une forme de coopération spontanée entre agents autonomes sur la base de l'intérêt de chacun (intérêt qui découle du projet que l'agent incarne, projet posé par hypothèse comme indépendant du projet des autres agents) ? La figure du dilemme du prisonnier joué une seule fois ne représente qu'une faible proportion seulement de toutes les situations d'interdépendance possibles²⁸⁷. Il semble bien que la coopération soit possible dans d'autres contextes, particulièrement lorsque les stratégies de réciprocité sont faisables. De nombreux auteurs ont tenté de montrer qu'il peut bel et bien y avoir des systèmes d'interdépendance où l'intérêt de chacun des agents devrait les amener spontanément à adopter la stratégie C et à s'engager dans un projet collectif. C'est le cas, par exemple, lorsque le choix d'une stratégie est récurrent, lorsque le jeu se répète indéfiniment, car alors la stratégie C peut devenir intéressante sous certaines conditions. Si les agents ne sont pas anonymes, s'ils peuvent se distinguer les uns les autres, il devient possible d'utiliser des métastratégies de coopération conditionnelle : utiliser la stratégie C (respecter une entente, par exemple) avec les agents qui ont utilisé la stratégie C dans le passé, utiliser la stratégie D (ne pas respecter une entente) avec ceux qui ont utilisé la stratégie D dans le passé. Un projet collectif est possible parmi des agents autonomes, et sans l'intervention d'une autorité centrale, sur la base de telles métastratégies de coopération conditionnelle. La taille de la « communauté » dans laquelle ces métastratégies sont possibles est toutefois nécessairement réduite puisqu'il faut que les agents interagissent régulièrement les uns avec les autres pour qu'ils se trouvent dans la situation d'un dilemme du prisonnier indéfiniment répété. Si chacun des agents peut connaître les conduites adoptées antérieurement par l'ensemble des autres agents, aucun agent n'a avantage à utiliser la stratégie D

²⁸⁷ Voir Taylor (1987).

puisqu'il risquerait alors de toujours se retrouver face à des agents qui adoptent systématiquement la stratégie D face à lui, c'est-à-dire qu'il se trouverait systématiquement dans la situation D-D, qui n'est pas aussi avantageuse que les situations D-C ou C-C.

Une parabole de Jean-Jacques Rousseau nous fournit la description d'une situation de dilemme du prisonnier de laquelle il est possible de sortir parce que la situation de coopération qu'elle décrit n'est pas un événement isolé, unique. Avec la parabole de la chasse au cerf²⁸⁸, Rousseau nous fournit un exemple où la difficulté de la coopération ne résulte pas de la rareté générale des ressources et du conflit d'intérêt qui en découle entre les agents autonomes. Le problème résulte bien de la configuration des intérêts dans la situation, mais ces intérêts ne s'opposent pas strictement. Ils sont simplement insuffisants pour assurer à coup sûr que les partenaires poursuivront l'effort coopératif jusqu'au résultat final (la capture du cerf, qui dépend des actions des partenaires), au lieu de se laisser tenter par un intérêt immédiat plus modeste mais assuré (le lièvre qui passe devant soi)²⁸⁹. Si cette situation était unique et isolée, elle serait insoluble. C'est en la replaçant dans un contexte où les interdépendances mutuelles se répètent de manière indéfinie dans le temps qu'une situation donnée change de nature, puisqu'il devient alors possible aux agents de s'imposer mutuellement des sanctions en cas de défection. Les partenaires de chasse ont intérêt à s'interdire mutuellement la défection, en acceptant librement le principe qu'il y ait imposition de sanctions en cas de transgression de l'interdit. Les sanctions sont possibles parce que les interdépendances se prolongent au-delà d'une seule

²⁸⁸ « S'agissoit il de prendre un Cerf, chacun sentoit bien qu'il devoit pour cela garder fidèlement son poste; mais si un lièvre venoit à passer à la portée de l'un d'eux, il ne faut pas douter qu'il ne le poursuivît sans scrupule, et qu'ayant atteint sa proye il ne se souciât fort peu de faire manquer la leur à ses compagnons », Rousseau (1755/1985), p. 96-97. Boudon (1977, p. 20-23) et Cordonnier (1997, p. 23-25) discutent également de cette parabole pour illustrer les problèmes de la coopération.

²⁸⁹ Cordonnier (1997) associe à cette figure le cas où des entreprises auraient avantage à bâtir une norme commune pour assurer le meilleur avenir possible à un secteur en développement, plutôt que de développer chacun de son côté une norme qui sera nécessairement en compétition avec celle des concurrents, qui fragmentera le marché et les économies d'échelle possibles, et qui nuira de ce fait au développement général du secteur.

chasse. On sort alors du dilemme du prisonnier joué une seule fois, et comme les autres situations d'interdépendance ne sont pas obligatoirement des situations de dilemme du prisonnier, on sort même d'un jeu de dilemme du prisonnier indéfiniment répété pour se retrouver dans un jeu beaucoup plus complexe où la coopération est possible.

Malgré tout, pour de nombreux auteurs, les conditions de possibilité de la coopération entre agents autonomes semblent bien restrictives. Les solutions qui ont été proposées aux problèmes théoriques de la coopération ne se limitent pas toujours, de fait, au cadre étroit où des agents autonomes jugent utiles et faisables de coopérer. On fait généralement appel à deux mécanismes dans les solutions aux problèmes de la coopération, la contrainte imposée par une autorité souveraine, à la façon de Hobbes, et un système de « normes » partagé. Dennis Wrong associe les trois types de solution au problème de l'ordre social aux trois penseurs du contrat social qu'ont été Hobbes, Locke et Rousseau : « *Hobbes's solution was coercive, Locke's stressed mutual self-interest, and the Rousseau of The Social Contract gave primacy to normative consensus*²⁹⁰ ». En réalité, la solution de Locke est normative parce qu'elle place aussi bien l'état de nature que la société dans le contexte du droit naturel. Elle est également partiellement coercitive parce que les hommes délèguent à l'assemblée législative et aux tribunaux le pouvoir de faire respecter, dans les conflits, les règles du droit naturel, essentiellement les règles qui encadrent la propriété et la liberté²⁹¹. Quant à la solution de Rousseau, elle comporte aussi un volet de contrainte volontaire, comme chez Hobbes et Locke. Il est probable que toute solution vraisemblable combine ces trois solutions d'une manière ou d'une autre²⁹². Les analyses pénétrantes de Parsons dans *The Structure of Social Action*

²⁹⁰ Wrong (1994) p. 9.

²⁹¹ Voir John Locke, *The Second Treatise of Government*.

²⁹² Wrong (1994, p. 9) : « [...] *there is no justification for assuming that one solution precludes or subsumes the others, but that on the contrary all three may operate conjointly in concrete human societies* [...] ». Ces trois solutions ne sont probablement pas exclusives. Il faudrait, en particulier, distinguer les situations où les agents acceptent librement la contrainte qui les oblige à coopérer, comme dans la perspective du contrat social, des situations où la contrainte est purement hétéronome. Dans le premier cas, il est possible que la contrainte soit appliquée de

demeurent une référence importante pour ce qui est du problème de l'ordre chez Hobbes et chez Locke. Dans son interprétation de la conception de la société chez Locke, il écrit :

*men "being reasonable" ought to, and in general will in pursuit of their ends subordinate their actions, whatever these may be, to certain rules. The essential content of these rules is to respect the natural rights of others, to refrain from injuring them. This means that the choice of means in pursuit of ends is not guided solely by considerations of immediate rational efficiency [...] Above all they will not attempt to subdue or destroy one another on the way to their end. There will be, that is, drastic limitations on the employment of force and fraud and other instruments of power. Now this limitation on utilitarian rationality is achieved by introducing a third normative component not indigenous to the utilitarian system as it has been defined. And it is this which accounts for the stability of Locke's particular type of individualistic society*²⁹³.

Si Locke peut mettre l'accent sur l'avantage mutuel de la coopération et de l'échange, c'est bien parce qu'il se place dans la perspective où plusieurs des obstacles à la coopération entre agents praxéologiques sont levés antérieurement à toute action par un système de règles qui encadre la liberté d'action de chacun pour permettre la réalisation d'un projet commun. Jamais Locke, Adam Smith ni Hume n'auraient endossé un « laisser-faire » pour lequel toute règle est une atteinte inacceptable à la liberté de l'individu²⁹⁴. Ce système de règles partagé ne

façon décentralisée par l'ensemble des sociétaires, tandis que le deuxième cas renvoie probablement à des situations où elle est appliquée par une autorité centrale. Pour être plus précis, il faudrait dire que certaines situations de contrat social permettent l'application décentralisée de la contrainte mais que d'autres situations peuvent nécessiter la délégation partielle ou complète du pouvoir de contrainte à une autorité spécialement chargée de cette fonction.

²⁹³ Parsons (1937) p. 96.

²⁹⁴ Locke (1670/1952), chap. 6 paragraphe 63, p. 36 : « *The freedom then of man, and liberty of acting according to his own will, is grounded on his having reason which is able to instruct him in that law he is to govern himself by, and make him know how far he is left to the freedom of his*

porte que sur les moyens de l'action, comme le remarque Parsons. Les fins ultimes demeurent non coordonnées et Parsons doute pour cette raison de la faisabilité d'une société telle que Locke la conçoit. On sait que la thèse de Parsons implique quant à elle un système commun de normes beaucoup plus large, même si la solution de Locke semble suffisante pour éviter la « guerre de tous contre tous »²⁹⁵. Dans une version simpliste où toutes les normes sont strictement partagées par tous et règlent toutes les actions, cette thèse ne pourrait probablement rendre compte adéquatement que de systèmes sociaux extrêmement figés, proche de la termitière, de la ruche ou de la fourmilière. Pour le vérifier précisément et rigoureusement, il faudrait probablement passer par un travail de formalisation et d'expérimentation informatique²⁹⁶. On peut toutefois tenter de pousser un peu plus loin l'analyse conceptuelle. Poussée à sa

own will. To turn him loose to an unrestrained liberty before he has reason to guide him is not the allowing him the privilege of his nature to be free, but to thrust him out amongst brutes and abandon him to a state as wretched and as much beneath that of a man as theirs ».

²⁹⁵ Dennis Wrong (1994, p. 103-104) souligne ce point : « *If the war of all against all results from the use of force and fraud as means to "random" ends, then it could be averted by preventing the use of these means. Hobbe's solution was to rule out such means by empowering a sovereign to use force against miscreant who resort to them. For Parsons, the same result was achieved by moral consensus on the prohibition of their use that is successfully learned ("internalized") by members of the group. Since the lack of any normative limitation on the use of means is what creates the threat of disorder, nothing in Parsons's account excludes the possibility of a social order that institutes norms proscribing force and fraud as means while at the same time most of the ends men pursue continue to be random in Parsons's sense. To be sure, the common end of eliminating force and fraud as means is implied by Parsons's (and Hobbes's) account, but this is a "procedural" end, so to speak, and need not entail that other ends are held in common [...] Such a loose "individualistic" society held together only by conformity to negative procedural norms is a far cry from the wide and deep normative consensus penetrating and molding the very motivational springs of human action that is the hallmark of Parsons's social theory. [...] the emphasis on common ends and "ultimate values" [...] going far beyond what would appear by his own account to be the minimal requirements for avoiding the war of all against all and thereby "solving" the problem of order ».*

²⁹⁶ À lire Parsons, *The Social System* (The Free Press, 1951) ou Parsons et Shils dans *Toward a General Theory of Action* (Harper & Row, 1950), je ne peux m'empêcher de me demander si un système social est vraiment possible sur la base de la théorie des systèmes sociaux qui y est développée. Sans expérimentation informatique appropriée, pourrions-nous jamais nous en assurer ? Comme nous y invite Sloman (1978), nous pourrions nous poser la même question à propos de toutes les théories du social et de l'individu : pourrions-nous bâtir, sur la base de ces théories, des individus et des sociétés qui fonctionnent et qui soient compétents ? Je pense qu'on pourrait considérer toutes les théories de l'individu et du social comme des études sur le possible plutôt que simplement sur le réel. Il n'y aurait donc pas simplement remplacement des théories plus anciennes par les théories subséquentes, mais exploration, sur le plan conceptuel, d'hypothèses portant sur différentes régions d'un même espace des systèmes sociaux possibles, avec une tendance à vouloir se rapprocher des systèmes réels. C'est parce qu'il n'y a pas

limite, la thèse reviendrait à supposer que des normes sont « implantées » de façon permanente chez les individus, particulièrement dans l'enfance, puis guident de la même façon l'action de tous ces individus. La coordination de ces actions serait assurée par l'universalité des fins ou des valeurs implantées. Arrêtons-nous un instant à cette dernière proposition que partagent des versions plus subtiles de la thèse des normes partagées. Rappelons-nous que Durkheim appelle « solidarité mécanique » ce type de relation entre individus. Selon Durkheim, la solidarité mécanique rend

harmonique le détail des mouvements. En effet, comme ces mobiles collectifs se retrouvent partout les mêmes, ils produisent partout les mêmes effets. Par conséquent, chaque fois qu'ils entrent en jeu, les volontés se meuvent spontanément et avec ensemble dans le même sens²⁹⁷.

Cette proposition est-elle évidente ? Tous les systèmes de normes partagés ont-ils cet effet ? Comment vérifier qu'un système de normes commun à un ensemble d'agents produit l'effet que Durkheim avance sans nous en faire la démonstration ? S'il peut produire cet effet, sous quelles conditions le peut-il ? L'étude de la solidarité mécanique se place tout naturellement dans le contexte de l'étude des ordres spontanés et de l'expérimentation informatique sur ceux-ci. Les petites expériences comme celles que j'ai présentées dans le chapitre précédent permettent de se faire une idée de ce que peut produire un système de règles d'action commun à un ensemble d'agents. Elles démontrent qu'une coordination des actions est possible sur cette base, sans toutefois démontrer que cette coordination se produit nécessairement, sans démontrer que tous les

véritable remplacement des théories anciennes par les nouvelles que Hobbes, Durkheim, Parsons et Boudon, par exemple, peuvent tous être utiles dans une étude des machines sociales possibles.

²⁹⁷ Durkheim (1893), p. 74. Chez Durkheim, « solidarité » signifie liaison ou coordination, et non pas sentiment d'un destin commun. Quant à Parsons, il écrit : « *Stability of interaction in turn depends on the condition that the particular acts of evaluation on both sides should be oriented to common standards since only in terms of such standards is "order" in either the communication or the motivational contexts possible* » (Parsons, 1951, p. 37).

systèmes de règles rendent nécessairement « harmonique le détail des mouvements ». L'un des intérêts de l'idée de cadre normatif commun est le fait qu'elle peut être rattachée directement aux idées d'ordre spontané et d'auto-organisation. Un ordre social fondé sur un système de règles partagé par un ensemble d'agents peut probablement présenter les caractéristiques des ordres spontanés : simplicité de construction, robustesse et possibilité d'évolution.

L'idée de cadre normatif partagé est intéressante. Il faut toutefois se demander quelle sorte de compétences peut construire un système de règles partagé par un ensemble d'agents. En particulier, nous devons nous demander si un tel mécanisme permet l'existence d'une division dynamique et créative du travail à grande échelle construite par des individus « auto-organisés » plutôt que « balistiques » ? Selon Durkheim, si la solidarité mécanique est le seul mécanisme de coordination en jeu, les agents seront nécessairement des agents balistiques :

Les molécules sociales qui ne seraient cohérentes que de cette seule manière ne pourraient donc se mouvoir avec ensemble que dans la mesure où elles n'ont pas de mouvements propres, comme le font les molécules des corps inorganiques. C'est pourquoi nous proposons d'appeler mécanique cette espèce de solidarité²⁹⁸.

Une division du travail ne peut se mettre en place de façon décentralisée que si les individus peuvent inventer, mettre à l'épreuve et poursuivre des fins inédites, parfois contradictoires avec celles de la collectivité ou du système génétique de l'espèce, en fonction des conditions dans lesquelles ils se trouvent, fins souvent elles-mêmes partiellement incompatibles entre elles²⁹⁹. Une telle

²⁹⁸ Durkheim (1893), p. 100.

²⁹⁹ Durkheim relève ce point lorsqu'il distingue la solidarité organique, associée à la division du travail, de la solidarité mécanique : « Tandis que la précédente [la solidarité mécanique] implique que les individus se ressemblent, celle-ci [la solidarité organique] suppose qu'ils diffèrent les uns des autres. La première n'est possible que dans la mesure où la personnalité individuelle est absorbée dans la personnalité collective ; la seconde n'est possible que si chacun

autonomie est-elle compatible avec l'idée d'un système de normes unique partagé par tous les agents ? Un système de normes partagé est-il vraiment une condition nécessaire à l'existence de toute collectivité et de tout projet collectif³⁰⁰ ? La solution normative présentée de façon implicite par Locke semble échapper aux difficultés que soulèvent l'idée d'un ensemble unique de règles et de valeurs communes. En ne faisant porter le « consensus » que sur des moyens généraux, elle semble ouvrir la porte à la possibilité de l'existence d'une division créative du travail par des agents relativement autonomes sans que toutes les règles et les valeurs appartiennent à un ensemble unique et universel³⁰¹. Cette solution consiste en l'existence d'un cadre normatif commun,

a une sphère d'action qui lui est propre, par conséquent une personnalité. Il faut donc que la conscience collective laisse découverte une partie de la conscience individuelle, pour que s'y établissent ces fonctions spéciales qu'elle ne peut pas réglementer », Durkheim (1893), p. 100-101.

³⁰⁰ Il y a une ambiguïté dans l'expression « système de normes partagé » que j'utilise ici. N'est-il pas possible que les règles et les valeurs puissent être organisées en un système unique sans que toutes les règles et toutes les valeurs ne soient communes à l'ensemble des agents ? Les règles et les valeurs pourraient alors être coordonnées interindividuellement tout en étant au moins partiellement différentes d'un agent à l'autre. C'est, il me semble, ce que réalise le droit des contrats, au cœur de la solidarité organique selon *De la division du travail social*. Un noyau de règles communes assure une forme de coordination des règles et des valeurs non partagées, mobiles et donc ouvertes à la différenciation. C'est une variété de cette position qu'on trouve chez Parsons et Smelser (1956, p. 109) : « *The goal interests and the adaptive situations for the respective contracting parties are distinct for each party. But in the interests of stability, ego and alter must constitute parts of a single social system. That is to say, there must be some kind of integration and some kind of common value pattern which they share* ». La part et le rôle des normes et valeurs partagées sont toutefois considérables chez ces auteurs comme dans l'œuvre de Parsons en général. Chez Piaget, on trouve clairement exprimée l'idée d'un système commun qui coordonne sans rendre identique. Piaget (1932, p. 322) : « La morale de la conscience autonome ne tend pas à soumettre les personnalités à des règles communes en leur contenu même : elle se borne à obliger les individus à « se situer » les uns par rapport aux autres, sans que les lois de perspective résultant de cette réciprocité suppriment les points de vue particuliers ». Selon Wrong (1994, p. 104), si Parsons pousse si loin l'idée de système de normes et de valeurs partagées, c'est non pas pour régler le problème de l'ordre, mais bien pour expliquer les fins partagées et la coopération nécessaire pour atteindre celles-ci, c'est-à-dire pour expliquer l'unité et l'intégration des systèmes sociaux. L'une des critiques faite à Parsons a été de soutenir qu'il n'y a pas autant de fins communes et partagées que Parsons le soutient, et que l'« intégration » des systèmes sociaux n'est toujours que partielle. Une autre difficulté de l'idée de fins communes vient de la rareté des ressources : des échelles de valeurs communes risquent fort d'être à la source de la guerre de tous contre tous plutôt que leur solution, comme Hobbes l'a bien vu et comme le relève Wrong (1994, p. 103) : « *Indeed, it is precisely the fact that men hold like ends as a result of their common psychological constitution and are fated to live under conditions of scarcity ensuring that some will not attain their ends that to Hobbes accounts for the war of all against all* ».

³⁰¹ C'est la position de Hayek (1976, p. 3) : « *Among the members of a Great Society who mostly do not know each other, there will exist no agreement on the relative importance of their respective ends. There would exist not harmony but open conflict of interests if agreement were*

les « lois de la justice » selon Hume, dont les règles assurent à la fois un espace de liberté aux individus et la possibilité de l'échange entre agents autonomes³⁰². Ce cadre normatif est valorisé pour lui-même, de l'intérieur même des échanges qu'il règle, en partie par les intérêts en place qu'il protège, et en partie parce qu'il est une valeur en lui-même. Une autorité centrale, elle-même assujettie à ces règles de « justice », applique ces règles dans la résolution des conflits entre agents.

Du point de vue de la théorie des processus sociaux, les questions importantes sont par quels processus ce cadre normatif a-t-il été créé ? par quels processus a-t-il été mis en place ? Par quels processus se perpétue-t-il ? Pour répondre à ces questions, les auteurs se donnent différents types d'individu : plus ou moins autonomes, plus ou moins balistiques. Pour les auteurs explorant les processus sociaux possibles dans un ensemble d'agents parfaitement autonomes, la construction, la mise en place et l'entretien d'un tel cadre normatif soulèvent un problème de coopération avant d'être une solution. Dans cette perspective, il faut tenter d'établir les conditions dans lesquelles il peut être avantageux pour un agent de s'en tenir aux règles de la propriété et du contrat, par exemple, ou de consentir à ce qu'un agent soit chargé de les faire appliquer. Pour les auteurs qui explorent les processus sociaux possibles sur la

necessary as to which particular interests should be given preference over others. What makes agreement and peace in such a society possible is that the individuals are not required to agree on ends but only on means which are capable of serving a great variety of purposes and which each hopes will assist him in the pursuit of his own purposes ». On notera que dans ce passage, Hayek met l'accent sur les fins non communes, et sur la possibilité qu'une société puisse exister sans un système massif de fins communes implantées par socialisation.

³⁰² Dans *A Treatise of Human Nature*, Hume expose de façon explicite en quoi consiste ce cadre normatif, ces « lois de la justice » ou « lois de la nature », au centre desquelles il y a le droit de propriété et le contrat : « *We have now run over the three fundamental laws of nature, that of stability of possession, of its transference by consent, and of the performance of promise. It is on strict observance of those three laws that the peace and security of human society entirely depends; nor is there any possibility of establishing a good correspondence among men, where these are neglected* », Hume (1739/1948), livre III, partie II, section VI, p. 90. Dans *De la division du travail social* Durkheim fait une étude remarquable de ce cadre normatif et de la façon dont il rend possible la coopération dans la division du travail. Voir Buchanan (1975), Brennan et Buchanan (1985), et Hayek (1973), pour des études plus récentes de ce cadre normatif et de la façon dont il rend possible la coopération entre agents autonomes. On

base d'agents partiellement autonomes, à la façon de Locke, le problème de la métacoopération, la coopération en vue de l'établissement des règles de la coopération et de leur application, est nettement moins sérieux puisque les règles de la coopération peuvent y être des fins valorisées pour elles-mêmes par les agents³⁰³. La question est alors de comprendre les systèmes de fins valorisées, leur nature, leur genèse et leur évolution.

consultera Parsons et Smelser (1956) pour une étude du droit de propriété et du contrat dans la perspective de la sociologie des systèmes de normes et de rôles.

³⁰³ Parsons (1951, p. 37) explique que le respect d'une norme peut résulter de l'intérêt que les agents ont à la respecter, cet intérêt pouvant être déterminé par des sanctions extérieures négatives ou positives, ou alors du fait que cette norme est valorisée pour elle-même. Parsons considère ce second type comme le type fondamental : « *There is a range of possible modes of orientation in the motivational sense to a value-standard. Perhaps the most important distinction is between the attitude of "expediency" at one pole, where conformity or non-conformity is a function of the instrumental interests of the actor, and at the other pole the "introjection" or internalization of the standard so that to act in conformity with it becomes a need-disposition in the actor's own personality structure, relatively independently of any instrumentally significant consequences of that conformity. The latter is to be treated as the basic type of integration of motivation with a normative pattern-structure of values* » (Parsons, 1951, p. 37). Dans ce passage, Parsons n'explique pas pourquoi il pense que les normes valorisées pour elles-mêmes, les normes « intériorisées », sont le type fondamental. Elles le sont justement à cause du problème de la métacoopération auquel fait face tout système de normes ne reposant que sur des sanctions (positives ou négatives). C'est que l'application des sanctions pose elle-même un problème de coopération, qu'il faut régler à l'aide d'un autre système de sanctions et ainsi de suite. Parsons (1937, p. 402) : « *The difficulty of constraint in the sanction sense as a basis for the enforcement of a system of norms as a whole is that it cannot be generalized. The Hobbesian theory is the classic attempt to do it—and it breaks down, in part under the necessity of organization for applying the coercion. So Hobbes is forced to fall back on a very unrealistic degree of enlightenment of self-interest at the crucial point of the formation of the contract with the sovereign—and than an element of legitimacy derived from this contract which transcends constraint in the sanction sense. The principal basis, then, of the efficacy of a system of rules as a whole lies in the moral authority it exercises. Sanctions form only a secondary support* ». En fait, les problèmes de coopération de premier degré, de deuxième ou de troisième degré ne sont jamais tout à fait identiques. Il peut arriver que le problème de la métacoopération soit plus facile à résoudre que le problème de la coopération.

Chapitre 8

Au cœur des processus sociaux. Les relations d'échange et le problème de la coopération

8.1 L'échange, un processus social fondamental

Lorsque les agents d'une collectivité tendent à se rapprocher du type autonome, l'échange de valeurs négatives et positives est le lien social fondamental et le principe de majoration des valeurs d'échange règle les échanges³⁰⁴. Les interactions se bâtissent alors principalement autour des situations d'échange, qui sont des situations où deux agents ont la capacité d'affecter leur sort respectif³⁰⁵. James Coleman fait des situations d'échange, qu'il définit sous la forme d'un lien d'interdépendance, la caractéristique principale des systèmes sociaux³⁰⁶. Ce lien d'interdépendance prend la forme

³⁰⁴ Pour théoriser les systèmes d'interactions entre agents plus ou moins autonomes, les travaux sur l'échange présentent donc, en principe, un intérêt particulier. Je pense aux travaux classiques de Blau (1964) et de Homans (1961), bien sûr, mais également à ceux de Coleman (1990), de Cordonnier (1997), de Friedberg (1993/1997), de Piaget (1977) et de Williamson (1985). Ces auteurs seront mes principaux guides dans mon étude sur la coopération dans l'échange. Il ne s'agit pas d'un échantillon arbitraire. Tous s'inspirent plus ou moins du modèle de l'agent praxéologique autonome. Ils viennent d'horizons intellectuels variés, certains étant européens, d'autres américains, certains étant des auteurs contemporains alors que les travaux de Piaget sur l'échange remontent aux années 30 et 40. Piaget a aussi la particularité de n'être lié à aucun des autres auteurs : il les précède mais ils ne l'ont pas lu. Il nous apporte donc un éclairage original qui n'est pas associé à une quelconque mode actuelle.

³⁰⁵ Cordonnier (1997, p. 7) définit ainsi une situation d'échange : « Dans sa formulation la plus abstraite, une situation d'échange se définirait alors comme une interaction sociale dans laquelle deux individus (parfois plusieurs) disposent mutuellement du pouvoir de déterminer en partie, par leurs actions, le sort de leur(s) *alter ego* ».

³⁰⁶ Coleman (1990, p. 29) : « *What makes a social system, in contrast to a set of individuals independently exercising their control over activities to satisfy their interests, is a simple structural fact: Actors are not fully in control of the activities that can satisfy their interests, but find some of those activities partially or wholly under the control of other actors. Thus pursuit of one's interest in such a structure necessarily requires that one engage in transactions of some type with other actors. Those transactions include not only what is normally thought of as exchange, but also a variety of other actions which fit under a broader conception of exchange. These include bribes, threats, promises, and resource investments. It is through these transactions, or social interactions, that persons are able to use resources they control that have*

des ressources que chaque individu maîtrise et que les autres ont souvent intérêt à pouvoir mobiliser dans la poursuite de leurs propres projets. Dans *Human Action*, von Mises met également en avant scène le rôle fondateur de l'échange dans une collectivité d'agents praxéologiques³⁰⁷. Piaget, quant à lui, s'est donné un modèle de base de l'interaction sociale qui décrit fort bien ce que peut être l'interaction entre agents praxéologiques :

De manière générale toute action ou réaction d'un individu, évaluée selon son échelle personnelle, retentit nécessairement sur les autres individus : elle leur est utile, nuisible ou indifférente, c'est-à-dire qu'elle marque un accroissement (+) de leurs valeurs (= *satisfaction*), une diminution (= *préjudice*) ou une différence nulle. Chaque action provoquera donc de la part des autres individus une action en retour. Or, celle-ci peut consister en une action matérielle (« valeur actuelle »), telle qu'un transfert d'objets en échange du service rendu, ou en une action virtuelle telle qu'une approbation ou un blâme, un encouragement à persévérer ou une invitation à cesser, une promesse, etc. ; nous parlerons alors de « valeurs virtuelles ». L'existence des échelles de valeurs se traduit ainsi par une perpétuelle valorisation réciproque des actions ou « services » (positifs ou négatifs)³⁰⁸.

little interest for them to realize their interest that lie in resources controlled by other actors. A minimal basis for a social system of action is two actors, each having control over resources of interest to the other [...] It is this structure, together with the fact that the actors are purposive, each having the goal of maximizing the realization of his interests, that gives the interdependence, or systemic character, to their actions ». Dans mon interprétation, Coleman étudie les systèmes sociaux possibles sur la base d'agents praxéologiques plutôt que les systèmes sociaux « réels ». Il s'agit d'une tâche essentielle. Il faut établir les possibles pour pouvoir mettre au jour le réel. Établir que quelque chose est possible est souvent un grand progrès dans la connaissance.

³⁰⁷ Von Mises (1949/1963, p. 194) : « *Action always is essentially the exchange of one state of affairs for another state of affairs. If the action is performed by an individual without any reference to cooperation with other individuals, we may call it autistic exchange. Within society cooperation substitutes interpersonal or social exchange for autistic exchanges. Man gives to other men in order to receive from them. Mutuality emerges. Man serves in order to be served. The exchange relation is the fundamental social relation* ».

³⁰⁸ Piaget (1941), p. 104. Dans ce passage, Piaget mentionne l'existence de valeurs virtuelles. Parmi les théoriciens de l'échange, il est un des rares à faire usage de cette idée que je lui emprunterai et à laquelle je ferai jouer un rôle important dans la suite de ce chapitre.

Les agents praxéologiques évaluent leurs interactions sociales, ce qui transforme celles-ci en échanges, et tout ce qui circule d'un agent à l'autre devient une valeur d'échange potentielle.

8.2 L'échange de valeurs négatives

Pour un agent autonome, les autres sont intéressants dans la mesure où ils maîtrisent des ressources qu'il valorise. Deux principaux moyens s'offrent alors à l'agent pour obtenir ces ressources. Il peut offrir des valeurs positives en échange, ou menacer les autres de leur transmettre des valeurs négatives. Dans un cas comme dans l'autre son action lui coûtera des ressources et il devra établir si l'échange est profitable. Ces deux mêmes options se présentent lorsqu'un agent dispute à un autre agent une ressource que tous les deux convoitent mais dont aucun n'a encore la maîtrise. La transmission de valeurs négatives pose d'emblée un problème de coopération. Un agent autonome soumis à la transmission de valeurs négatives a deux options : capituler ou se soumettre aux volontés de l'adversaire et perdre les ressources convoitées par celui-ci, ou contre-attaquer en transmettant à son tour des valeurs négatives. S'il n'est pas anonyme, un agent pourra investir des ressources dans la contre-attaque au-delà de la valeur de la ressource en jeu, de façon à prévenir les agressions subséquentes en se bâtissant une réputation de « dur ». Cette stratégie peut éventuellement résulter en un processus auto-entretenu et ininterrompu de contre-attaques de part et d'autre. Dans tous les cas, la transmission de valeurs négatives n'est pas très favorable à la constitution d'un agent collectif. Le respect de la personne et les droits de propriété sont, du point de vue qui nous intéresse ici, des façons parmi d'autres de définir un espace protégé autour des valeurs maîtrisées par chaque agent autonome. Précisons que cet espace protégé peut difficilement s'étendre aux relations d'échange elles-mêmes, sauf s'il y a entente entre les parties à ce sujet, sous peine de compromettre l'autonomie des parties impliquées. Blau présente une situation où un employeur met fin à une

relation d'emploi comme une transmission de valeurs négatives plutôt que la fin d'un échange de valeurs positives³⁰⁹. Blau suppose donc que l'employé détient un droit sur la continuation indéfinie de la relation et que la valeur négative résulte de la destruction de ce droit. Qu'il existe de tels droits dans de nombreux systèmes sociaux ne fait pas de doute. Je soutiens toutefois qu'ils ne sont pas dans la logique des relations entre agents autonomes sauf s'ils sont librement contractés par les parties. Ils reviennent en effet à attribuer à l'une ou l'autre des parties un droit unilatéral sur les actions de l'autre, c'est-à-dire à nier son autonomie. Le problème de l'échange de valeurs négatives est résolu, au moins en partie, par une forme de coopération minimale : l'échange de règles de conduite. Cette solution pose elle-même un problème de coopération comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent. Nous reviendrons plus loin dans ce chapitre sur ce problème. Pour l'instant, ce que j'ai à en dire du point de vue des processus d'échange de valeurs négatives n'est pas différent de ce que j'en ai dit dans le précédent chapitre.

Les théoriciens de l'échange ont peu développé l'idée d'échange de valeurs négatives. Cette lacune est peut-être moins grave qu'on pourrait le penser parce qu'il est possible d'interpréter les situations de transmission de valeurs négatives comme des cas de destruction de valeurs positives ou d'altération et d'interruption d'échanges de valeurs positives³¹⁰. C'est ce que je fais dans le paragraphe précédent à propos de la situation présentée par Blau. Toujours est-il que l'on peut tirer profit des travaux sur l'échange même à ne considérer que l'échange de valeurs positives.

³⁰⁹ Blau (1964).

³¹⁰ On pourrait peut-être même penser qu'il s'agit de la meilleure façon de concevoir des valeurs négatives. Faute de travaux sur cette question, il est difficile de savoir quoi en penser.

8.3 Pouvoir de négociation et coopération

La coopération par l'échange de valeurs positives n'est possible que si les échangeurs maîtrisent des ressources, au sens le plus large, que les autres valorisent. Ils doivent pouvoir refuser, au moins partiellement, de mettre leurs ressources aux services des autres sans quoi nous n'avons pas affaire à des agents autonomes. Les agents autonomes bâtissent des relations d'échange coopératif à l'aide de leur pouvoir de négociation. Sans pouvoir de négociation, un agent ne peut obtenir la coopération d'un agent autonome, qui ne consentira toujours à un échange que si celui-ci contribue à la réalisation de son projet. C'est même là une source du pouvoir de négociation d'un agent par rapport à un autre agent : avoir la capacité d'influencer le projet de cet autre agent. Plus cette capacité est grande, plus le pouvoir de négociation est grand. Le pouvoir de négociation a une autre condition importante. Un agent doit pouvoir refuser de mettre ses ressources au service du projet d'un autre sans quoi son pouvoir de négociation sera réduit à rien³¹¹. Il y a donc deux types de manœuvre stratégique auxquels devrait s'adonner un agent autonome. Il devrait chercher à obtenir une

³¹¹ Sur la définition du pouvoir de négociation et des facteurs qui en déterminent l'ampleur, on consultera Friedberg (1993/1997, p. 127-131) : « le pouvoir peut et doit donc être défini comme la capacité d'un acteur à structurer des processus d'échange plus ou moins durables en sa faveur, en exploitant les contraintes et opportunités de la situation pour imposer les termes de l'échange favorables à ses intérêts [...] Et le pouvoir de chacun des partenaires/adversaires dans un processus d'échange, c'est-à-dire sa capacité à le structurer en sa faveur, provient à son tour de deux sources. La première source est la pertinence des possibilités d'action de chacun des participants pour la solution ou, du moins, le contrôle et la gestion des problèmes sur lesquels bute la réalisation des entreprises ou des souhaits des autres. Plus ego est capable par ses actions ou ses comportements d'apporter une solution plus ou moins permanente et plus ou moins adaptées à un problème qui pèse, menace, voire empêche la réalisation des projets cruciaux de alter, plus ce comportement est important pour alter. Par conséquent, plus importantes seront les contreparties qu'alter sera prêt à offrir à ego en échange de sa bonne volonté [...] Les choses se compliquent encore quand on ajoute que, naturellement, cette pertinence des possibilités d'action de chacun [...] n'est que très partiellement une donnée de nature. Elle est au contraire l'objet de toute sorte de manipulations par lesquelles les acteurs cherchent à améliorer leur position de négociation [...] L'autre source du pouvoir de chacun des participants est la liberté ou zone d'autonomie dont il dispose dans ses transactions avec les autres [...] ». Notez que cette conception du pouvoir ne tient pas compte de la possibilité de l'échange de valeurs négatives. La raison en est probablement qu'un agent autonome refusera de s'engager dans une relation de laquelle il ne retire rien. Un agent n'est pas autonome, par rapport à une relation donnée, s'il n'a pas la possibilité de se retirer de cette relation lorsque le bilan des valeurs qu'il en retire est négatif. Or Friedberg (1993/1997) théorise les processus d'échange entre agents autonomes.

position où plusieurs partenaires d'échange différents peuvent lui permettre d'accéder à une ressource et où au contraire ceux-ci n'ont d'autres possibilités que de faire appel à lui³¹². À l'offensive, il s'agit de mettre en place une stratégie monopoliste. À la défensive, il s'agit de se protéger des stratégies monopolistiques des autres. Le figure 13 illustre la position idéale du point de vue de l'échangeur A, qui se trouve en position de monopole vis-à-vis de la ressource R, alors que ses partenaires B et C ne bénéficient pas d'une telle position et constituent pour lui deux voies d'accès distinctes à la ressource r.

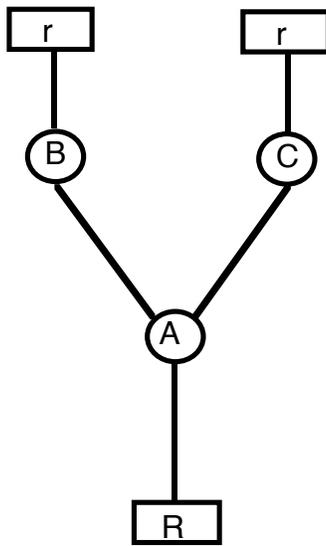


Figure 13.

La structure asymétrique 1

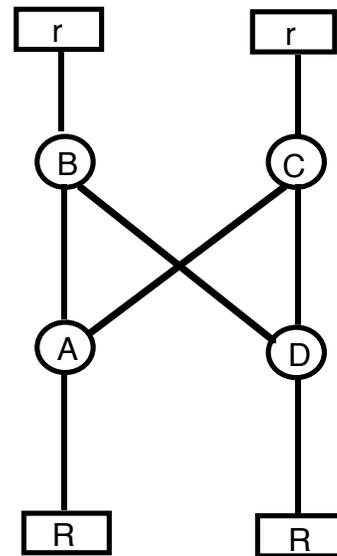


Figure 14.

La structure symétrique 1

La figure 14 illustre quant à elle une situation symétrique où A perd son privilège vis-à-vis de B et de C, et où ceux-ci gagnent une marge de manœuvre dans leur accès à la ressource R. Tant que ces situations ne sont pas le résultat d'échange de valeurs négatives, elles ne provoquent pas en principe de problème de

³¹² Friedberg (1993/1997, p. 134) : le comportements des échangeurs « doit aussi être compris et analysé du point de vue sa rationalité « politique », comme la tentative d'ego de structurer l'échange de manière d'une part à augmenter l'interchangeabilité d'alter en s'ouvrant à lui-même des solutions et/ou des partenaires alternatifs, et d'autre part à restreindre la marge de manœuvre et de choix d'alter en diminuant sa propre interchangeabilité, c'est-à-dire en rendant plus difficile son remplacement ».

coopération. L'échange de valeurs positives entre agents autonomes est tout de même sévèrement soumis au problème de la coopération. Quelle en est la source ? Une remarque de Cordonnier nous mettra sur la piste :

L'échange est-il possible sur la base du seul principe de l'intérêt individuel ? On connaît la réponse : à y regarder de près, non ! Il ne suffit pas qu'une situation d'échange offre des opportunités de gains mutuels évidentes pour que ces dernières soient immédiatement exploitées par les individus. Encore faut-il que la réciprocité puisse s'installer entre les partenaires. Or, celle-ci ne trouve pas toujours les points d'appuis nécessaires dans l'égoïsme des agents³¹³.

Pour qu'un projet collectif soit possible sur la base de processus d'échange, les problèmes de la coopération doivent être surmontés. Nous allons maintenant examiner en détail les problèmes propres à la coopération dans l'échange de valeurs positives et les solutions possibles à ces problèmes. Ce faisant, nous allons mener une étude sur certaines des conditions de possibilité des projets collectifs dans des ensembles d'agents relativement autonomes en interaction. Il faut bien comprendre dans quel esprit je mène cette étude. Il ne s'agit pas de décrire les systèmes sociaux réels, mais plutôt de travailler sur les possibles, sur les conditions de possibilité de systèmes d'interaction entre agents quasi autonomes.

8.4 Le problème de la coopération dans l'échange

La coopération ne fait pas problème dans toutes les situations d'interdépendance et d'échange, du moins pas avec la même intensité. Dans certaines situations, les projets des agents sont strictement compatibles, l'un ne pouvant majorer les valeurs dont il a la maîtrise que si les autres majorent les leurs également. Dans d'autres situations, ils sont strictement incompatibles,

³¹³ Cordonnier (1997), p. 20.

l'un ne pouvant mieux réaliser son projet que si d'autres réalisent moins bien le leur. Il s'agit de situations de compétition dans des jeux à somme nulle, sans possibilité de coopération. Il existe une troisième catégorie de situations intermédiaires dans lesquelles il existe en principe des possibilités d'échanges profitables pour tous les agents, possibilités qui sont toutefois difficiles à réaliser³¹⁴. Le dilemme du prisonnier illustre le cas extrême d'une situation dans laquelle on aperçoit bien que la coopération apporterait un gain supérieur à toute autre stratégie aux agents impliqués, sauf qu'un obstacle incontournable se dresse devant la réalisation de cette coopération. Dans un dilemme du prisonnier, il n'y a pas de façon d'exploiter le gain que la coopération rendrait possible, et les solutions que nous avons examinées consistaient toutes à transformer la situation pour sortir de cette impasse.

Il y a deux principaux types d'obstacle à la réalisation d'un échange mutuellement avantageux. Il y a d'abord le problème du conflit dans la négociation des termes de l'échange. Cet obstacle n'est habituellement pas considéré comme l'obstacle majeur, et ce n'est pas à ce problème que répondent la plupart des solutions au problème de la coopération. Cela ne signifie pas pour autant que le cadre institutionnel dans lequel prend place la négociation des termes de l'échange ne soit pas extrêmement important du point de vue des algorithmes de construction de connaissances. Le cadre institutionnel qui favorise la libre concurrence à l'intérieur des balises des droits de propriété et des règles de transfert de ces droits joue un rôle fondamental dans les processus de découverte. Mais cette question concerne finalement beaucoup plus les types de processus qu'il est possible de constituer sur la base de l'échange que la question de la possibilité même de l'échange et de son bon déroulement. On se penche sur cette dernière question lorsqu'on aborde l'autre type d'obstacle à

³¹⁴ Cordonnier (1997, p. 37) : « le problème de la coopération se pose véritablement (i.e. devient intéressant) lorsque la rencontre entre deux agents laisse entrevoir une possibilité de gains mutuels, sans qu'il paraisse acquis d'entrée de jeu que cette opportunité se concrétise ».

l'échange entre agents autonomes³¹⁵. En quelques mots, ce problème est lié au déroulement de l'échange en conformité avec les termes de l'échange : une fois que les agents se sont entendus sur les termes de l'échange, qu'est-ce qui assure que l'échange se déroulera bien tel qu'entendu ? Le cas extrême est la fraude : si un agent a avantage, dans une situation donnée, à échanger, il aura encore plus avantage à prendre ce que l'autre propose sans rien donner en échange³¹⁶. Le cas général est la distorsion des termes de l'échange dans le déroulement spatio-temporel de celui-ci. Aussi, ne faut-il pas être surpris que les théoriciens du droit des contrats fassent de la promesse et du contrat des instruments importants du réglage temporel des échanges non simultanés entre agents autonomes³¹⁷. La distanciation spatio-temporelle fait en sorte qu'un échangeur

³¹⁵ Cordonnier (1997, p. 58) décrit de la façon suivante ces deux types de problème : « Dans la perspective de l'échange, qui nous préoccupe ici, deux grands problèmes majeurs sont rencontrés : celui du conflit, et celui de la « fiabilité » des opportunités de coopération. Le premier concerne la délibération sur les termes de l'échange (la détermination du contrat), tandis que le second a davantage à voir avec la stabilité des dispositions coopératives ».

³¹⁶ Cordonnier (1997, p. 21) : « dès lors que deux individus doivent compter mutuellement sur l'offre d'une prestation de la part de leur *alter ego*, se pose le problème de la livraison effective de ces prestations. Qu'est-ce qui assure qu'une chose sera offerte, et une autre rendue en échange, s'il est vrai que chacun préférerait recevoir sans donner, et encore ne rien offrir lorsqu'il ne reçoit rien ? La question est plus fondamentale, en un sens, que celle de la détermination du prix, ou du choix de quelque autre point d'accord dans les relations d'échange. Car sans la possibilité même d'échanger, toute la discussion au sujet des termes de la transaction paraît vaine ». Remarquez bien que si Cordonnier (1997) parle dans cet extrait de « chose » offerte, il se place bel et bien dans une perspective plus large que celle de l'échange de biens : « en règle générale ce sont bien des actions que nous échangeons les unes contre les autres et non simplement des biens » (p. 7).

³¹⁷ Voir, par exemple, Patrick Atiyah (1989, p. 6) : « *Most arrangements for the transfer of goods, land, or services cannot be performed instantly and simultaneously. Often such arrangements have to be planned for in advance. Nearly always one party has to perform before the other, and often the arrangements need to be carefully agreed in advance before any performance at all can take place. The result is that in modern societies we all have to depend on, or to trust, others to behave as they have said they will behave. In this sense contract law is an instrument for securing co-operation in human behaviour, and particularly in exchange* ». Voir également Charles Freid (1981, p. 13-14) qui soutient que le problème de la coopération dans l'échange résulte de la non-simultanéité des échanges et que la solution réside dans la promesse et dans la forme légale de la promesse, soit le contrat : « *You want to accomplish purpose A and I want to accomplish purpose B. Neither of us can succeed without the cooperation of the other. Thus I want to be able to commit myself to help you achieve A so that you will commit yourself to help me achieve B. Now if A and B are objects or actions that can be transferred simultaneously there is no need for commitment. As I hand over A you hand over B, and we are both satisfied. But very few things are like that. We need a device to permit a trade over time: to allow me to do A for you when you need it, in the confident belief that you will do B for me when I need it. Your commitment puts your future performance into my hands in the present just as my commitment puts my future performance into your hands. A future exchange is transformed into a present exchange. And in order to accomplish this all we need is a*

ne peut avoir de certitude sur la valeur de ce qu'il obtiendra dans le futur en retour de son action actuelle parce qu'il n'est pas en mesure d'évaluer cette valeur à venir au moment d'agir³¹⁸. Je vais maintenant examiner le cadre conceptuel proposé par Piaget pour comprendre l'échange qui s'étend dans le temps et dans l'espace. Ce cadre contient les idées importantes de valeurs virtuelles et de mécanismes de conservation des valeurs virtuelles.

8.5 Un cadre conceptuel pour l'étude du problème de l'échange

Piaget voit la vie sociale comme une « vaste circulation » de valeurs d'échange dont certaines sont quantifiées, mais dont la plus grande part est seulement qualitative :

C'est ainsi que le succès d'un homme politique, d'un savant ou de l'apôtre de telle ou telle cause, la réputation que lui font ou la gratitude que lui vouent ses concitoyens ; que ses œuvres ou ses écrits, les dettes de reconnaissance qu'il a lui-même contractées à l'égard d'autres individus, bref tous les « services » qu'il rend ou dont il bénéficie, constituent des valeurs d'échange ou en résultent. Certaines de ces valeurs peuvent être quantifiées, c'est-à-dire que certains services en jeu peuvent être monnayés, mais si important que soient les échanges

conventional device which we both invoke, which you know I am invoking when I invoke it, which I know you know I am invoking, and so on ».

³¹⁸ Coleman (1990, p. 91) : « *One way in which the transactions that make up social action differ from those of the classical model of a perfect market lies in the role of time. In the model of a perfect market transactions are both costless and instantaneous. But in the real world transactions are consummated only over a period of time. In some cases this means that the delivery of goods or services by one party occurs only after the other party has made delivery. In others it means that delivery by both parties occurs in degrees over a period of time. In still others the return to both parties is some product of their actions, so both must invest resources but neither receives a return until some later time (...) Time asymmetries in delivery introduce risk into a unilateral action or transaction for the party or parties who must invest resources before receiving a return. Sometimes the risk may be reduced by use of contracts that are enforceable by law, but, for a variety of reasons, contracts cannot always serve this purpose. Especially in noneconomic transactions, where value is not precisely calculated and there is no numeraire (but in some transactions as well), enforceable contracts cannot easily be used, and other social arrangements are necessary ».*

économiques, ils ne constituent qu'une fraction de cette vaste circulation de valeurs que constituent la vie sociale [...] ³¹⁹.

Piaget a développé un cadre conceptuel et formel pour étudier les mécanismes de ces échanges et les problèmes auxquels ils répondent ³²⁰. Je mobilise ce cadre formel parce qu'il nous oblige à expliciter des notions trop facilement tenues pour acquises ou trop vagues pour établir les conditions de possibilité des phénomènes qu'ils représentent. On peut associer le travail de formalisation de Piaget à l'idée qu'un agent praxéologique est un système organisé sous la double forme des circuits d'échange avec le milieu qu'il peut maîtriser et du système de la valorisation différentielle de ces circuits :

toute conduite, sans exception, implique ainsi une énergétique ou une « économie », qui constitue son aspect affectif, les échanges qu'elle provoque avec le milieu comportent également une forme ou une structure, qui détermine les divers circuits possibles s'établissant entre le sujet et les objets [...] tout échange avec le milieu suppose à la fois une structuration et une valorisation ³²¹.

³¹⁹ Piaget (1941), p. 101. Blau (1964, p. 94) : « *In contrast to economic commodities, the benefits involved in social exchange do not have an exact price in terms of a single quantitative medium of exchange, which is another reason why social obligations are unspecific* ». Selon von Mises (1949/1963, p. 199) l'économique est la théorie de ces secteurs des réseaux de circulation des valeurs d'échange dans lesquels la quantification et le calcul arithmétique sont possibles : « *Economics is essentially a theory of that scope of action in which calculation is applied or can be applied if certain conditions are realized. No other distinction is of greater significance, both for human life and for the study of human action, than that between calculable action and noncalculable action. Modern civilization is above all characterized by the fact that it has elaborated a method which makes the use of arithmetic possible in broad field of activities* ». Notez toutefois que selon von Mises, les prix et les quantités ne mesurent pas les valeurs échangées, parce qu'il n'y a pas d'unité de mesure de la valeur. Chose certaine, les prix en argent ne signifient pas la même chose pour tous les échangeurs, ni pour un même échangeur à différents moments dans le temps et selon les contextes. Je reviendrai sur la position de von Mises dans une prochaine note.

³²⁰ Piaget (1941). Il n'existe malheureusement que très peu d'études sur le cadre conceptuel et formel développé par Piaget pour étudier les mécanismes de l'échange. La seule étude que je connaisse est celle de Luc Racine dans son livre *Théories de l'échange et circulation des produits sociaux*, Les Presses de l'Université de Montréal, 1979.

³²¹ Piaget (1947), p. 11.

Les structures définissent les chemins accessibles à l'agent, les valeurs définissent les chemins qui permettent à l'agent d'accomplir ses projets. Un premier effort consistera à préciser ce qu'on entend par système de valeurs. Voici comment Piaget illustre la forme la plus simple de système de valeurs³²² :

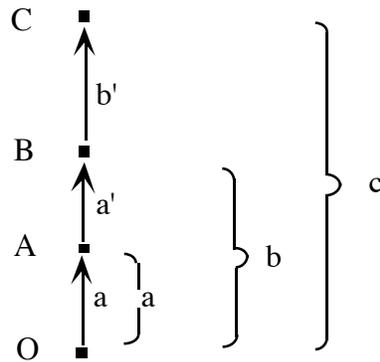


Figure 15. L'échelle de valeurs

Il s'agit d'une échelle de valeurs³²³. Formellement, l'échelle de valeurs se représente comme un système de relations asymétriques tel que si l'on a la suite de termes de valeur croissante A, B, C, ..., alors $O \uparrow^a A$ signifie « A a plus de valeur que O », $A \uparrow^{a'} B$ signifie « B a plus de valeur que A », avec les deux opérations d'addition et de soustraction des valeurs suivantes :

$$a + a' = b ; b + b' = c ;$$

$$b - a' = a ; c - b' = b.$$

Ces opérations relèvent d'une axiomatique des « classes » et des « relations » et non d'une axiomatique des « nombres³²⁴ ». Piaget demeure ainsi

³²² Piaget (1941), p. 103.

³²³ L'échelle de valeurs est la structure de valorisation fondamentale de l'agent praxéologique. Voir von Mises (1949/1963, p. 3) : « *Choosing determines all human decisions. In making his choice man chooses not only between various material things and services. All human values are offered for option. All ends and all means, both material and ideal issues, the sublime and the base, the noble and the ignoble, are ranged in a single row and subjected to a decision which picks out one thing and sets aside another. Nothing that men aim at or want to avoid remains outside this arrangement into a unique scale of gradation and preference* ».

³²⁴ Dans son *Essai de logique opératoire*, qui constitue un formidable travail d'explicitation des opérations de la pensée et de l'intelligence en général, Piaget (1972, p. 69) caractérise de cette

fidèle à son idée que la grande majorité des valorisations sont qualitatives et non quantitatives (dans le sens de quantification extensive). Il existerait bien des valeurs quantifiées, de telles valeurs apparaissent dans les échanges économiques, mais dans le cas général, les valeurs sont seulement qualitatives³²⁵. Pour exprimer et expliciter le mécanisme général de l'échange, Piaget a donc eu recours à une axiomatique d'ordre logique plutôt qu'à des schémas mathématiques³²⁶.

façon l'organisation des « classes intensives » d'objets quelconques constituée par des « rapports quantitatifs comprenant exclusivement l'inégalité de la partie [classe A] et du tout [classe B], ou l'identité, sans considération de relations quantitatives entre une partie [classe A] et les autres parties disjointes [classe A'] appartenant au même tout [classe B], ou entre les parties d'un tout [classes A et A'] et celles d'un autre tout ».

³²⁵Dans *La genèse du nombre chez l'enfant*, Piaget et Szeminska décrivent (p. 15) la nature du « qualitatif » et du « quantitatif » dans les jugements d'une façon profitable pour saisir la pensée de Piaget sur les jugements de valeurs : « Toute perception et tout jugement concret attribuent, en effet, des qualités à des objets, mais ils ne peuvent appréhender ces qualités sans les mettre par le fait même en relation les unes avec les autres. Ces relations elles-mêmes ne sauraient être que de deux sortes : les rapports symétriques qui expriment les ressemblances, et les rapports asymétriques, qui expriment les différences. Or, les ressemblances entre qualités n'aboutissent qu'à leur classement (par exemple : les verres C, C2 C3... sont « également petits ») tandis que les différences asymétriques impliquent le plus et le moins et marquent ainsi le début de la quantification (par exemple : « A1 est plus grand que B1 » ou « A1 est moins large que P »). Sous sa forme élémentaire, la quantité est donc donnée en même temps que la qualité : elle est constituée par les rapports asymétriques qui relient nécessairement entre elles les qualités quelles qu'elles soient. Il n'existe pas, en effet, de qualité en soi, mais seulement des qualités comparées et différenciées, et cette différenciation, en tant qu'enveloppant des rapports de différence asymétriques, n'est autre chose, que le germe de la quantité ». Ludwig von Mises conteste l'idée que des valeurs puissent être quantifiées et mesurées de façon extensive à l'aide de nombres cardinaux. Selon lui, l'attribution de valeur n'est jamais une opération quantitative : « *Thus the notion of a measurement of value is vain. An act of exchange is neither preceded nor accompanied by any process could be called measuring of value. An individual may attach the same value to two things; but then no exchange can result. But if there is a diversity in valuation, all that can be asserted with regard to it is that one a is valued higher, that it is preferred to one b. Values and valuations are intensive quantities and not extensive quantities. They are not susceptible to mental grasp by the application of cardinal numbers [...] Preferring always means to love or to desire a more than b. Just as there is no standard and no measurement of sexual love, of friendship and sympathy, and of aesthetic enjoyment, so there is no measurement of the value of commodities* » (von Mises, 1949/1963, p. 204). Le problème de la quantification extensive des valeurs est qu'il n'y a pas d'unité de mesure de la valeur : « *There is no method available to construct a unit of value* » (von Mises, 1949/1963, p. 205). Dans la perspective de von Mises, les prix ne représentent pas la « valeur », selon l'évaluation des individus, des biens et services échangés, mais seulement le taux auquel ils sont échangés les uns pour les autres. Dans la perspective que je tente de mettre en valeur dans cette thèse, il faudrait peut-être s'opposer à von Mises et faire du mécanisme des prix l'élément d'un système collectif d'évaluation. Contrairement à von Mises, je ne crois pas que seuls des individus humains peuvent évaluer la magnitude d'une valeur.

³²⁶ Piaget (1941), p. 102-103.

8.6 Les mécanismes de l'échange spontané et le problème de la coopération

L'échelle simple de la figure 15 suffit, selon Piaget, pour théoriser le mécanisme élémentaire de l'échange interindividuel. Supposons que l'individu α effectue une action dont la conséquence est une valeur pour l'individu α' . Supposons ensuite que l'individu α renonce à des ressources d'une valeur $R\alpha$ pour exécuter cette action et que l'individu α' en reçoive la satisfaction $S\alpha'$. Il y a alors différentes situations d'échange possibles selon Piaget, dont les trois cas de figure suivants :

1. α' rendra service à α ($R\alpha'$) en retour de l'action ($R\alpha$) que celui-ci effectue.
2. α' ne rend rien dans l'immédiat mais valorise α . Cette valorisation $v\alpha$ est une créance pour α et un renoncement virtuel, une obligation ou une dette $T\alpha'$ pour α' .
3. α' ne rend rien et ne reconnaît pas sa dette. α dévalorise alors α' .

Pour bien nous situer dans le problème de coopération que soulève l'échange, formulons plus précisément les cas de figure qui nous intéressent. Le cas le plus élémentaire est celui de l'échange simultané, dans lequel les actions $R\alpha$ et $R\alpha'$ ont lieu strictement en même temps et sous le contrôle direct des échangeurs. Ce contrôle prend la forme d'une évaluation qualitative des équivalences ($R\alpha = S\alpha$) et ($R\alpha' = S\alpha'$). Le principal problème de l'échange est que ces conditions sont difficiles à réunir. Il y a à peu près toujours distanciation spatio-temporelle dans les échanges et difficulté à évaluer correctement les valeurs échangées. Lorsque nous faisons le plein d'essence, nous remplissons notre réservoir avant d'avoir payé. La station d'essence termine $R\alpha$, la livraison d'essence, avant que nous ne répondions par $R\alpha'$, c'est-à-dire avant que nous effectuions le paiement de cette essence. La station-service fait face au problème de l'établissement de l'équivalence ($R\alpha = S\alpha$) parce que sans un

contexte bien particulier, rien n'assure qu'il y aura bien $R\alpha'$ et donc $S\alpha$. Notre situation est-elle meilleure dans cet échange ? En apparence, il semble bien que oui, puisque nous obtenons l'essence avant de l'avoir payée. Mais qu'est-ce qui nous assure que la station d'essence nous a bien vendu de l'essence et non un liquide quelconque ? Nous ne sommes en réalité pas plus assurés de ($R\alpha' = S\alpha'$) que la station d'essence ne l'est de ($R\alpha = S\alpha$), puisque nous ne saurons qu'après la transaction si on nous a bien vendu ce qu'on prétendait nous vendre, c'est-à-dire si $R\alpha$ valait le prix que nous avons payé pour l'obtenir. La station aurait le même problème si nous la payions autrement qu'avec des billets de banque ou une carte de crédit garantis par une organisation crédible. Ce problème est universel dans les échanges entre agents autonomes. Celui qui donne en premier peut craindre que l'autre ne donne rien en retour. Les deux échangeurs doivent craindre que la valeur qu'ils reçoivent sera inférieure à la valeur qu'ils cèdent. Une valeur d'échange peut rarement être évaluée et obtenue de façon instantanée, d'où, en particulier, le « risque d'opportunisme » et les situations d'asymétrie informationnelle mises en valeur en économie des « contrats » et des transactions.

Si j'achète une automobile, sa valeur d'usage ne m'est accessible que sur une étendue de temps non négligeable. Si j'achète une automobile capable, selon le fabricant, de rouler sans problèmes majeurs durant 10 ans, sa valeur d'usage ne peut être évaluée et réalisée qu'au jour le jour durant ces années³²⁷. Si rien ne m'assure que cette valeur se réalisera bel et bien, si rien ne m'assure que l'automobile ne tombera pas en panne à l'instant où j'aurai terminé de la payer, je ne l'achèterai pas. Lorsque nous achetons une automobile, nous effectuons l'action $R\alpha$, soit le paiement de l'automobile en question. Nous demandons $R\alpha'$ en retour, qui est l'ensemble des services que l'automobile peut nous rendre. Comme $R\alpha'$ n'est livrée qu'après $R\alpha$, l'acheteur n'a en réalité en

³²⁷ Je peux certes la vendre après cinq ans et récupérer en tout ou en partie la valeur d'usage résiduelle (à hauteur de la valeur d'échange), mais alors je transfère simplement au nouvel acheteur la possibilité d'en tirer une valeur d'usage au fil des ans.

sa possession qu'une valeur virtuelle $V\alpha$ qui sera progressivement transformée en une valeur réelle $R\alpha'$ si l'automobile continue de fonctionner correctement. Quant au fabricant, il développe une dette virtuelle $T\alpha'$ dont il ne s'acquitte que si l'automobile fonctionne comme entendu. Si mon automobile tombe en ruine après cinq ans, je considérerai le fabricant comme mon débiteur à hauteur de la valeur virtuelle $V\alpha$ résiduelle. S'il ne me compense pas, ce qui est fort vraisemblable, il perdra presque à coup sûr un client potentiel. Il perd donc lui également une valeur virtuelle $V\alpha'$ créée par l'échange, et qui dans ce cas-ci ne sera jamais transformée en une nouvelle valeur $R_1\alpha$, c'est-à-dire en une autre vente.

8.7 Les processus d'échange selon Piaget

Les propositions de Piaget nous indiquent de façon systématique quels processus du mécanisme de l'échange spontané sont susceptibles de poser des problèmes de coopération, quels processus peuvent produire les situations $(R\alpha > S\alpha)$ et $(R\alpha' > S\alpha')$ qui compromettent la réalisation de tout échange entre agents autonomes. Les propositions de Piaget expriment les conditions de conservation, de majoration ou de dégradation des valeurs dans les processus d'échange. Elles attirent notre attention sur les processus de transformation des valeurs réelles en valeurs virtuelles et de transformation des valeurs virtuelles en valeurs réelles. Les solutions au problème de la coopération dans l'échange devraient donc en théorie passer par un encadrement de ces processus. La proposition I représente les conditions de conservation des valeurs dans la transformation des valeurs réelles en valeurs virtuelles, alors que la proposition II nous donne ces mêmes conditions dans la transformation des valeurs virtuelles en valeurs réelles. Ces propositions peuvent éclairer les problèmes et les solutions de la coopération entre agents autonomes. Posons donc avec Piaget les définitions suivantes³²⁸ :

$R\alpha$ = la valeur de l'action de α sur α' (la valeur de renoncement pour α) ;

$S\alpha'$ = la « satisfaction » de α' engendrée par l'action de valeur $R\alpha$;

$T\alpha'$ = la « dette » de α' correspondant à sa « satisfaction » $S\alpha'$;

$V\alpha$ = la valorisation de α par α' .

On a alors deux séries de propositions mutuellement exclusives :

Proposition I. Si $(R\alpha = S\alpha')$ et $(S\alpha' = T\alpha')$ et $(T\alpha' = V\alpha)$ alors $(V\alpha = R\alpha)$

dans le cas où $R\alpha = S\alpha' = T\alpha' = V\alpha$ ³²⁹. Sinon, on peut avoir

1. Si $(R\alpha > S\alpha')$ et $(S\alpha' = T\alpha')$ et $(T\alpha' = V\alpha)$ alors $(V\alpha < R\alpha)$,
2. Si $(R\alpha < S\alpha')$ et $(S\alpha' = T\alpha')$ et $(T\alpha' = V\alpha)$ alors $(V\alpha > R\alpha)$,
3. Si $(R\alpha = S\alpha')$ et $(S\alpha' > T\alpha')$ et $(T\alpha' = V\alpha)$ alors $(V\alpha < R\alpha)$, ou
4. Si $(R\alpha = S\alpha')$ et $(S\alpha' < T\alpha')$ et $(T\alpha' = V\alpha)$ alors $(V\alpha > R\alpha)$, par exemple.

Proposition II. Si $(V\alpha = T\alpha')$ et $(T\alpha' = R\alpha')$ et $(R\alpha' = S\alpha)$ alors $(S\alpha = V\alpha)$,

5. Si $(V\alpha > T\alpha')$ et $(T\alpha' = R\alpha')$ et $(R\alpha' = S\alpha)$ alors $(S\alpha < V\alpha)$,
6. Si $(V\alpha < T\alpha')$ et $(T\alpha' = R\alpha')$ et $(R\alpha' = S\alpha)$ alors $(S\alpha > V\alpha)$,
7. Si $(V\alpha = T\alpha')$ et $(T\alpha' > R\alpha')$ et $(R\alpha' = S\alpha)$ alors $(S\alpha < V\alpha)$, ou
8. Si $(V\alpha = T\alpha')$ et $(T\alpha' < R\alpha')$ et $(R\alpha' = S\alpha)$ alors $(S\alpha > V\alpha)$.

La proposition I représente la situation d'équilibre où la créance ou valeur virtuelle $V\alpha$ équivaut au coût de renoncement réel $R\alpha$. Les termes de cette proposition nous indiquent où chercher la source d'un déséquilibre ($V\alpha < R\alpha$) ou ($V\alpha > R\alpha$) qui pourrait résulter éventuellement dans un déséquilibre ($R\alpha > S\alpha$) ou ($R\alpha' > S\alpha'$). La situation 1. est celle où α travaille à perte dans son action sociale, puisque $R\alpha > V\alpha$ selon son évaluation subjective. À la

³²⁸ Piaget (1941), p. 106.

³²⁹ En fait, il faudrait introduire des signes pour être plus précis : $\downarrow R$, $\uparrow S$, $\downarrow T$, $\uparrow V$, ce qui signifie que R et T constituent ici des diminutions de valeur alors que S et V sont des augmentations de valeur, et $(\downarrow R_\alpha) + (\uparrow S\alpha') + (\downarrow T\alpha') + (\uparrow V\alpha) = 0$, selon l'équation de la page 107 dans Piaget (1941).

question « pourquoi en est-il ainsi ? », on répond parce que $(R\alpha > S\alpha')$, c'est-à-dire que le coût de renoncement de l'action R est supérieur à la valeur de cette action pour α' . Le principe de majoration des valeurs nous indique alors que α tentera de changer la situation : il renoncera à effectuer cette action et changera d'activité, il rectifiera son échelle de valeurs, il dévalorisera α' dans d'autres relations d'échange, etc. La situation 2. est celle où il y a majoration vécue des valeurs d'échange $(V\alpha > R\alpha)$ à cause de $(R\alpha < S\alpha')$. Selon le principe de majoration des valeurs, α continuera son action. Dans la situation 3., α travaille à perte parce que α' oublie ou ne reconnaît pas sa satisfaction $S\alpha'$: $(S\alpha' > T\alpha')$. Dans la situation 4., il y a surévaluation de α par α' . La situation est instable selon le principe de majoration des valeurs à cause de la reconnaissance d'une dette $T\alpha'$ plus importante que la valeur $S\alpha'$ obtenue dans l'échange direct : $(S\alpha' < T\alpha')$. Ces cinq propositions expriment cinq conditions différentes et mutuellement exclusives pouvant entourer l'échange d'une valeur réelle $R\alpha$ contre une valeur virtuelle $V\alpha$ (il y a bien d'autres situations possibles selon les différentes combinaisons d'égalité et d'inégalité possibles). La deuxième série de propositions exprime les conditions entourant la « réalisation » des valeurs virtuelles $V\alpha$ et l'acquittement des dettes $T\alpha'$, c'est-à-dire la transformation des valeurs virtuelles en valeurs réelles. Piaget appelle « créances » ces valeurs $V\alpha$, et « droits » les créances reconnues par α' . Ces valeurs sont mises en relation avec les évaluations subjectives $T\alpha'$ chez α' . Ces « dettes » $T\alpha'$ sont des « obligations » dès qu'elles sont reconnues par α' .

La proposition II nous permet d'organiser les réponses à la question : pourquoi $(S\alpha > V\alpha)$ ou $(S\alpha < V\alpha)$ ou $(S\alpha = V\alpha)$? Chacun des termes de la proposition nous indique une réponse possible. Le premier terme de la proposition, $(V\alpha = T\alpha')$, exprime la situation où la dette $T\alpha'$ de α' est équivalente à la créance $V\alpha$ selon les deux échelles de α et de α' . Cette situation n'est bien sûr pas la seule possible. α' peut ne pas reconnaître sa dette ou la reconnaître mais lui attribuer une valeur moindre que $V\alpha$. On se trouve alors

dans la situation décrite par la proposition 5 où α obtient moins que ce qu'il attendait ($S\alpha < V\alpha$) à cause de ($V\alpha > T\alpha'$), c'est-à-dire à cause de la différence de valeur entre la créance et la dette. On pourrait avoir la situation inverse où α' se reconnaît une dette $T\alpha'$ supérieure à la créance $V\alpha$. C'est ce qu'exprime la proposition 7 dans laquelle on a ($V\alpha < T\alpha'$).

Le deuxième terme de la proposition II, ($T\alpha' = R\alpha'$), exprime la situation où α' s'acquitte de son obligation $T\alpha'$ sous la forme d'un « service » jugé de valeur équivalente. Cette situation n'est pas non plus la seule possible. On peut imaginer deux situations types : ($T\alpha' > R\alpha'$) ou ($T\alpha' < R\alpha'$). Dans le premier cas que représente la proposition 8, α obtient moins que ce qu'il attendait à cause de ($T\alpha' > R\alpha'$), c'est-à-dire à cause de ce que la valeur de l'action de α' est inférieure à la valeur de sa dette. L'autre situation, où est celle représentée par la proposition 9 où α obtient plus que ce qu'il attendait pour la raison inverse.

8.8 Le bénéfice réciproque

Les échanges les plus importants entre des agents autonomes sont certainement ceux qui apportent un bénéfice à au moins l'un des deux échangeurs. Les propositions de Piaget nous permettent d'établir les conditions de bénéfice, y compris les conditions de bénéfice réciproque, qui sont les conditions que recherchent les agents autonomes. Les conditions de bénéfice réciproque dans la création des valeurs virtuelles sont ($V\alpha > R\alpha$) pour l'échangeur α et ($V\alpha' > R\alpha'$) pour l'échangeur α' . Les conditions de bénéfice réciproque dans l'utilisation des valeurs virtuelles est ($S\alpha > V\alpha$) pour l'échangeur α et ($S\alpha' > V\alpha'$) pour l'échangeur α' . La condition de bénéfice réciproque dans l'échange complet (création et utilisation des valeurs virtuelles) est établie transitivement :

Si ($S\alpha > V\alpha$) et ($V\alpha > R\alpha$) alors ($S\alpha > R\alpha$)

et

si $(S\alpha' > V\alpha')$ et $(V\alpha' > R\alpha')$ alors $(S\alpha' > R\alpha')$.

On peut imaginer diverses situations respectant cette condition. Piaget par exemple, propose ce qui suit :

9. Si $(R\alpha < S\alpha')$ et $(S\alpha' = T\alpha')$ et $(T\alpha' = V\alpha)$ alors $(R\alpha < V\alpha)$.

10. Si $(R\alpha' < S\alpha)$ et $(S\alpha = T\alpha)$ et $(T\alpha = V\alpha')$ alors $(R\alpha' < V\alpha')$ ³³⁰.

Il faut toutefois relever que ces propositions soulèvent une difficulté. D'une part, pour arriver à formuler ses propositions, Piaget se place dans l'hypothèse d'une échelle de valeur unique et partagée par les deux échangeurs. Sans cette hypothèse, comment interpréter $(R\alpha < S\alpha')$ et $(R\alpha' < S\alpha)$? Sur quelle base pourrait-il y avoir comparaison interpersonnelle ? D'autre part, comment les deux échangeurs peuvent-ils valoriser différemment la même action s'ils partagent la même échelle de valeurs ? Il faut renoncer à l'hypothèse d'une échelle de valorisation commune pour apercevoir les occasions de bénéfice réciproque dans l'échange. Il faut du même coup renoncer à l'ébauche de formalisation entreprise par Piaget sur ce point particulier³³¹. Les situations où les échelles de valeurs diffèrent peuvent être placées, avec Coleman et bien d'autres, au fondement des conduites sociales d'un agent autonome :

« In the parsimonious conception of a system of action that I want to establish, the type of action available to the actor are severely limited [...] The first type of action is the simple one of exercising control over those resources one is interested in and has control over, in order to satisfy one's interest [...] The second type of action is the major action that accounts for much of social behavior—an actor's gaining control of those things that are of greatest interest to him. This is ordinarily accomplished by using those resources he has, by exchanging control

³³⁰ Piaget (1941), p. 114.

³³¹ Elle demeure utile pour comprendre les conditions de conservation des valeurs virtuelles.

over resources that are of little interest to him in return for exchanging control over those that are of greater interest. This process follows the overall purpose of increasing one's realization of interests under the assumption that those interests can be better realized if one controls something than if one does not »³³².

Dans les théories de l'échange qui postulent des agents autonomes, la raison des échanges se trouve dans la valeur différente que prennent les ressources du point de vue de chacun des échangeurs. Ceux-ci tentent d'échanger une ressource contre une autre qui vaut plus, selon leur échelle.

8.9 La conservation des valeurs d'échange différées

Piaget éclaire la nature des mécanismes de l'échange en montrant qu'on peut voir dans les systèmes normatifs du droit et de la morale des dispositifs de réglage des échanges qui permettent l'institutionnalisation et la pérennité relative de situations sociales de conservation et de majoration des valeurs d'échange. L'échange où toutes les valeurs virtuelles s'annulent est un cas limite, car il est rare que les « services » rendus soient entièrement évalués et consommés ou utilisés durant l'acte de l'échange lui-même. Les situations d'équilibre (propositions I et II) et de bénéfice réciproque sont fort délicates à obtenir, principalement de ce fait que l'échange s'étend dans le temps et dans l'espace, avec le risque que cela comporte de distorsion et de destruction des valeurs virtuelles V et T. Sans possibilité d'assurer la conservation dans le temps et dans l'espace de ces valeurs virtuelles, les échanges seront extrêmement limités. C'est l'un des principaux problèmes de la coopération dans l'échange. Piaget voit dans la morale et le droit des dispositifs de conservation et de coordination des valeurs d'échange qui permettent de passer

³³² Coleman (1990), p. 32. Von Mises (1949/1963, p. 204) : « *The basis of modern economics is the cognition that it is precisely the disparity in value attached to the objects exchanged that results in their being exchanged. People buy and sell only because they appraise the things*

de l'échange instantané et local à l'échange qui s'étend dans le temps et dans l'espace :

l'échange simple ou spontané n'implique qu'une réciprocité vécue ou intuitive, tandis que, si l'échange s'effectue dans le temps (ou dans l'espace lointain, c'est-à-dire sans contact direct entre les échangeurs), alors tout équilibre durable requiert l'intervention de normes particulières, et il y a par conséquent réciprocité normative (comparable à la réversibilité opératoire qui constitue la logique pour stabiliser les perceptions irréversibles). On peut considérer, du point de vue sociologique, les normes morales et juridiques comme l'ensemble des opérations tendant à la conservation des valeurs dans les échanges de type I et II³³³.

Cette conservation des valeurs d'échange est assurée par l'application de règles ou normes stables et uniformes à l'intérieur d'un horizon spatio-temporel plus ou moins limité mais suffisant pour permettre une certaine prévision. Ces normes établissent des relations asymétriques ou d'équivalence durables entre les valeurs en présence, limitant la possibilité de leur destruction et de leur déformation³³⁴. Les systèmes de normes morales et juridiques remplissent alors cette fonction générale des systèmes normatifs que décrit Cellérier dans le passage suivant :

Ces systèmes ont partout la même fonction adaptative qui est de soumettre le devenir irréversible des réalités spatio-temporelles à la

given up less than those received [...] An individual may attach the same value to two things; but then no exchange can result ».

³³³ Piaget (1941), p. 122.

³³⁴ Piaget (1941), p. 123 : « Comment donc cette conservation des valeurs se trouve-t-elle assurée ? Par un système d'opérations assignant de façon durable certaines relations et conditions d'équivalence aux valeurs en présence. Nous appellerons *normes* ces opérations d'ordre formel, tandis que nous continuerons d'appeler valeurs le contenu de ces formes : une *valeur normative* sera donc la valeur qui résulte de l'application d'une norme (par exemple un acte revêt une valeur morale lorsqu'il est exécuté par α ou « approuvé » par α' au nom d'une même norme) alors que la norme est la règle ou l'obligation elle-même ».

prévision et au contrôle déductifs en constituant des invariants sur lesquels viennent s'articuler les opérations réversibles et atemporelles de la raison. Ainsi la permanence des objets, les lois de conservation de la physique, les principes de la logique, la conservation obligée des valeurs d'échange juridique sont invariants sous l'effet des transformations temporelles ou spatiales et permettent au sujet de calculer son action dans le cadre d'un jeu dont les règles ne changent pas à tout instant³³⁵.

Les systèmes normatifs du droit et de la morale assurent la coordination dans le temps et dans l'espace des valeurs d'échange selon des méthodes différentes. Le droit transforme en « droits » et en « obligations » les valeurs d'échange virtuelles V et T. La morale réalise quant à elle la substitution réciproque des échelles de valeurs : chaque échangeur évalue ses propres actions en fonction de l'échelle de valeurs de l'autre. Piaget présente les choses de la façon suivante :

Cela dit, on peut concevoir deux méthodes opératoires de conservation. L'une, qui constitue les normes juridiques, consiste à transformer simplement, grâce à des opérations de « reconnaissance », d'« édiction » etc., les valeurs d'échange virtuelles V et T en « droits » et « obligations » (codifiés ou non codifiés), et cela quel que soit le caractère intéressé ou désintéressé des valeurs ainsi stabilisées. L'autre, qui constitue la morale, assure la conservation d'une façon plus radicale grâce à des opérations coordonnant les moyens et les buts, ou les

³³⁵Cellérier (1973a), p. 24. Notez que s'il s'agit là d'une fonction que peut remplir un système normatif, on ne peut probablement pas en tirer la conclusion que tous les systèmes normatifs la remplissent. Ailleurs, Cellérier (1992b, p. 264) évoque cette fonction dans le cas particulier du système juridique qui assure « par un certain retard de l'évolution des normes sur celle des pratiques, la conservation dans le futur des caractères juridiques (licéité, validité, etc.) d'un acte présent. Prolongé vers le passé par la non-rétroactivité des lois, ce conservatisme assure « l'illusoire sécurité juridique », soit une réversibilité rationnelle limitée à un champ temporel mobile, fondé sur une invariance « à vues humaines » des objets et de leurs propriétés juridiques, qui permet leur prévision anticipatrice et leur reconstitution rétroactive dans les limites de ce champ ».

actions et les satisfactions, selon un point de vue désintéressé, c'est-à-dire tel que toutes deux s'évaluent réciproquement en fonction du partenaire et non plus du point de vue personnel [...] nous appellerons [la condition « morale » de conservation des valeurs] la substitution réciproque des échelles ou substitution réciproque des moyens et des buts, $S\alpha'$ devenant un but pour α et $R\alpha$ une valeur en soi pour α' ce qui suffit à mettre en évidence le caractère désintéressé de l'action morale par opposition aux buts utilitaires de l'échange simple. Il va de soi, en effet, que si cette double condition est remplie, on a toujours $R\alpha = S\alpha'$ chacun de ces deux termes étant évalués selon l'échelle du partenaire³³⁶.

Quelle interprétation donner aux valeurs virtuelles T et V dans les échanges soumis à la règle de la réciprocité morale ? $V\alpha$ signifie-t-il toujours comme dans le cas de la réciprocité spontanée que α a droit à un service en retour de $R\alpha$? $T\alpha'$ signifie-t-il que α' contracte une dette envers α en retour de $R\alpha$? Dans le cas de l'échange moral totalement réglé, $V\alpha$ est plutôt une « approbation morale » de α . α échange $R\alpha$ contre $V\alpha$. Celui-ci reçoit bien une valeur en retour de son action, et cela même lorsque α' n'a aucune obligation de lui rendre quoique ce soit. Comment est-ce possible ? D'où provient cette valeur $V\alpha$? Sur le plan synchronique, selon Piaget, elle provient de α lui-même qui réaliserait en fait un échange intériorisé³³⁷. Piaget se trouve de cette façon à essayer de rendre compte à l'intérieur de son cadre conceptuel et formel du fait que les règles morales sont souvent valorisées pour elles-mêmes³³⁸. Si l'on s'en tient au postulat que le système de valeurs d'un individu prend la forme d'une simple échelle de valeurs, alors $V\alpha$ signifierait que α prend de la valeur dans sa

³³⁶ Piaget (1941), p. 123-124.

³³⁷ Piaget (1941), p. 126 : « L'échange moral présente donc ce caractère intéressant, pour le sociologue, de constituer un échange intériorisé dans les consciences ».

³³⁸ Un passage de Rocher (1968, p. 135) décrit ce phénomène dans l'esprit de la sociologie de Parsons : « C'est de sa propre conscience que jaillit finalement la source de sa conformité, bien des fois sans doute pour s'assurer le confort de ne paraître ni original, ni détraqué, mais aussi pour se mériter le respect à ses propres yeux et aux yeux d'invisibles témoins, que ce soit un Dieu ou la mère décédée depuis longtemps déjà ». C'est l'idée de conformité qui nous place dans la perspective de la sociologie de Parsons.

propre échelle de valeurs. On pourrait peut-être exprimer cette augmentation de valeur de la façon suivante : $((E_0\alpha + V\alpha) = E_1\alpha)_\alpha$ avec $(E_1\alpha > E_0\alpha)_\alpha$ et où $E\alpha$ représente l'évaluation que α fait de lui-même. Dans ce cas-ci, la valeur $E\alpha$ n'est fonction que du respect ou non de la règle de réciprocité morale, qui assigne une valeur $V\alpha$ positive à l'action de $R\alpha$ sur α' lorsque cette action vise $S\alpha'$ et, à l'inverse, une valeur négative lorsqu'elle est faite indépendamment de $S\alpha'$. Dans ce dernier cas, on aurait $((E_0\alpha + V\alpha) = E_1\alpha)_\alpha$ avec $(E_1\alpha < E_0\alpha)_\alpha$. $E\alpha$ est une valeur normative au sens où l'entend Piaget³³⁹. Elle pourrait être affectée également par d'autres normes que celle de la réciprocité morale. Comme toutes les autres valeurs, elle est soumise, chez un agent praxéologique, au principe de majoration des valeurs : si $((E\alpha + V\alpha) > E\alpha)_\alpha$ alors l'agent agira en vue de $V\alpha$, c'est-à-dire en respectant la règle de la réciprocité morale, permettant du même coup des échanges qui ne sont pas affectés par le problème de la coopération. La grande question est évidemment de savoir comment il se fait que dans l'échelle de valeurs de α , $S\alpha'$ donne lieu à $V\alpha$ et que α s'attribue cette valeur³⁴⁰. En fait, jusqu'à maintenant, nous avons considéré toutes les valeurs comme données. C'est-à-dire que nous ne nous sommes pas questionné sur l'origine sociogénétique et psychogénétique des échelles de valeurs.

8.10 La genèse des valeurs morales

Si nous voulons défendre, avec Piaget et Parsons, l'idée que les règles valorisées participent à la résolution du problème de la coopération, il devient important de comprendre d'où viennent ces règles et comment elles en viennent

³³⁹ Piaget (1941), p. 123 : « une *valeur normative* sera donc la valeur qui résulte de l'application d'une norme (par exemple un acte revêt une valeur morale lorsqu'il est exécuté par α ou « approuvé » par α' au nom d'une même norme) alors que la norme est la règle ou l'obligation elle-même ».

³⁴⁰ Piaget (1932, p. 1) : « Toute morale consiste en un système de règles et l'essence de toute moralité est à chercher dans le respect que l'individu acquiert pour ces règles. L'analyse réflexive d'un Kant, la sociologie d'un Durkheim ou la psychologie individualiste d'un Bovet se rencontrent sur ce point. Les divergences doctrinales n'apparaissent qu'au moment où il s'agit d'expliquer comment la conscience en vient à respecter les règles ».

à être valorisées³⁴¹. Dans la sociologie de Durkheim, toute morale est imposée par le groupe à l'individu, et par l'adulte à l'enfant. L'individu assimile des règles qui sont toujours déjà constituées. Les règles lui sont toujours extérieures³⁴². Cette extériorité a une fonction, celle de faire échapper les conduites à l'arbitraire individuel³⁴³. Sans cette extériorité, le problème de la coopération ne serait pas réglé. En même temps, les règles morales sont valorisées pour elles-mêmes³⁴⁴. Elles sont sources de valeurs normatives qui prennent place dans l'échelle de valeurs des individus. Comment ces règles « extérieures » deviennent-elles donc « intérieures » ? Comment l'individu en vient-il à ressentir du respect pour ces règles ? Parce qu'elles émanent d'un être supérieur, d'une conscience morale, qui appelle lui-même le respect, nous dit Durkheim. Cette autorité morale supérieure, c'est la société elle-même, qui, pour l'enfant, se manifeste à travers les parents et les maîtres³⁴⁵. Piaget voit la source des obligations chez l'enfant dans le respect et la valorisation des personnes concrètes plutôt que d'une entité abstraite. Les règles sont valorisées

³⁴¹ Les principaux travaux de Piaget sur cette question se trouvent dans Piaget (1932) et Piaget (1977). Quant à Parsons, il faut consulter Parsons et Shils (1950), Parsons (1951), Parsons et Bales (1955), Parsons (1965).

³⁴² Dans *L'éducation morale*, Durkheim (1925, p. 24) écrit : « la règle est, par essence, quelque chose d'extérieur à l'individu. Nous ne pouvons la concevoir que sous la forme d'un ordre ou tout au moins d'un conseil impératif qui vient du dehors ».

³⁴³ *L'éducation morale*, p. 23 : « le rôle de la morale est, en premier lieu, de déterminer la conduite, de la fixer, de la soustraire à l'arbitraire individuel [...] régulariser la conduite est une fonction essentielle de la morale ».

³⁴⁴ Dans *Sociologie et Philosophie*, Durkheim soutient que : « Nous ne pouvons, en effet, accomplir un acte qui ne nous dit rien et uniquement parce qu'il est commandé. Poursuivre une fin qui nous laisse froids, qui ne nous semble pas bonne, qui ne touche pas notre sensibilité, est chose psychologiquement impossible. Il faut donc qu'à côté de son caractère obligatoire, la fin morale soit désirée et désirable » (p. 50).

³⁴⁵ Durkheim, *Sociologie et philosophie*, p. 61-63 : « Parce que la société est à la fois la source et la gardienne de la civilisation, parce qu'elle est le canal par lequel la civilisation parvient jusqu'à nous, elle nous apparaît donc comme une réalité infiniment plus riche, plus haute que la nôtre, une réalité d'où nous vient tout ce qui compte à nos yeux, et qui pourtant nous dépasse de tous les côtés puisque de ces richesses intellectuelles et morales dont elle a le dépôt, quelques parcelles seulement parviennent jusqu'à chacun de nous [...] Mais, en même temps, elle est une autorité morale. C'est ce qui ressort de ce qui vient d'être dit. Car qu'est-ce qu'une autorité morale sinon le caractère que nous attribuons à un être, réel ou idéal il n'importe, mais que nous concevons comme constituant une puissance morale supérieure à celle que nous sommes ? Or l'attribut caractéristique de toute autorité morale c'est d'imposer le respect ; en raison de ce respect, notre volonté défère aux ordres qu'elle prescrit. La société a donc en elle tout ce qui est nécessaire pour communiquer à certaines règles de conduite ce même caractère impératif, distinctif de l'obligation morale ».

parce qu'elles sont émises par une personne valorisée par l'enfant. Dans la sociologie de Parsons, le « socialisé » intériorise les « contraintes » que lui impose sa participation à des systèmes de rôles déjà constitués (rôles familiaux et scolaires dans le cas des enfants). La psychogenèse des systèmes de valeurs y prend la forme d'une « intériorisation » des normes d'une culture par un processus d'« apprentissage » pas très éloigné du conditionnement béhavioriste et par une « intériorisation » des agents « socialisateurs » à la façon de G.H. Mead et de Freud³⁴⁶.

Sur la place et la genèse des normes, on peut opposer à la perspective normative représentée par l'œuvre de Parsons différentes perspectives microsociologiques, « interactionnistes » ou stratégiques³⁴⁷. Dans ces perspectives, on ne présente pas les normes, valeurs et rôles préexistant à une interaction donnée comme capables de rendre compte à elles seules des conduites concrètes et de la forme que prend cette interaction. Les normes sont des ressources que mobilisent des individus autonomes dans les rapports d'interdépendance qui les unissent et les opposent. Les normes ne sont jamais entièrement extérieures aux interactions dans lesquelles elles sont mobilisées. Elles sont toujours en partie un produit émergent de ces interactions dans lesquelles elles peuvent être l'objet de calcul, de négociation et de manipulation. Elles sont « jouées » plus souvent qu'« intériorisées »³⁴⁸ et tendent à être remises

³⁴⁶ Dans cette perspective, la question de savoir pourquoi la réciprocité morale est valorisée devient simplement un cas particulier d'une question plus générale, formulée de la façon suivante par Rocher (1968), p. 138 : « comment une personne humaine—l'enfant en particulier, mais aussi l'adulte—est-elle amenée à orienter son action suivant les motifs, les aspirations, les buts qui lui sont proposés par une culture et qui sont dominants dans une collectivité donnée, de sorte que, vue de l'extérieur, sa conduite paraisse subir la contrainte d'une pression et donne l'image de la conformité ou de la standardisation ? ».

³⁴⁷ Je pourrais citer *The Presentation of the Self in Everyday Life*, de Erving Goffman, *L'Acteur et le système* de Crozier et Friedberg, et *La Constitution de la société* de Giddens comme exemples de travaux qui, quoique bien différents, défendent des perspectives que l'on peut opposer à la perspective normative traditionnelle et qui refusent l'idée que les individus sont des agents balistiques programmés par la culture et les « structures ».

³⁴⁸ Goffman (1959, p. 251) : « *In their capacity as performers, individuals will be concerned with maintaining the impression that they are living up to many standards by which they and their products are judged. Because these standards are so numerous and so pervasive, the individuals who are performers dwell more than we might think in a moral world. But, qua performers, individuals are concerned not with the moral issue of realizing these standards, but*

en question et contournées par ceux dont c'est l'intérêt de les contourner, et suivies et imposées par ceux dont elles servent les intérêts en même temps qu'elles les contraignent.

Ces idées nous ramènent simplement un peu plus près du cas de figure des interactions entre agents parfaitement autonomes et nous éloignent un peu plus du cas de figure d'un système d'agents balistiques. Est-il possible de conserver à la fois la possibilité que les règles morales soient valorisées pour elles-mêmes, qu'elles contraignent l'arbitraire individuel et la possibilité qu'elles ne soient pas simplement implantées sous forme d'un programme préexistant aux interactions socialisantes ? Conserver l'idée que les règles de la morale peuvent être valorisées pour elles-mêmes, c'est permettre que l'occasion ne fasse pas toujours le larron. Sans avoir de données pour démontrer une telle affirmation, il me semble bien que ce n'est qu'une très faible proportion d'individus qui, chez-nous, se retrouvant seuls dans un coin sombre et isolé avec une vieille dame sans défense, l'assassinera et lui volera son sac à main. Dans une étude sur les règles sociales en anthropologie et en sociologie, Robert B. Edgerton tente de concilier la perspective normative à la Parsons et à la Radcliffe-Brown avec les perspectives qu'il qualifie d'« interactionnisme stratégique » dans lesquelles les règles n'apparaissent plus comme obligatoires et valorisées pour elles-mêmes mais ne sont que des instruments aux services des stratégies des individus³⁴⁹. On

with the amoral issue of engineering a convincing impression that these standards are being realized. Our activity, then, is largely concerned with moral matters, but as performers we do not have a moral concern with them [...] the very obligation and profitability of appearing always in a steady moral light, of being a socialized character, forces one to be the sort of person who is practiced in the ways of the stages ». Crozier et Friedberg (1977, p. 210) : « on devrait dire que valeurs, normes et attitudes constituent autant, sinon plus, des rationalisations *ex post* de stratégies et de comportements effectivement adoptés que l'expression de préférences *ex ante* motivant l'action ».

³⁴⁹ Voici comment Edgerton (1985, p. 2) présente ces deux perspectives : « *This book is a reaction to the prevailing concept of human rule use. This conventional way of looking at rules was a useful corrective to an earlier conventional theory, which has been called normative theory; this theory held that people everywhere not only followed the rules of their societies—but also made these rules a part of themselves and became, almost literally, inseparable from them. This conception of rules had some usefulness in its time by calling attention to the power of rules and to the need that people had for rules in order to maintain secure, orderly lives and to find a measure of autonomy within that order. But another theory*

peut soupçonner, avec Edgerton, que cette dernière position sur les règles ne peut être généralisée. Si les règles sont des instruments que l'on peut manipuler à son avantage, c'est qu'elles sont considérées importantes et valables, c'est qu'elles sont prises au sérieux et qu'elles sont généralement suivies, sans quoi elles n'auraient aucune prise et donc aucune valeur instrumentale³⁵⁰.

Permettre que les règles soient au moins parfois partiellement le produit émergent des interactions, c'est accorder une marge d'autonomie aux individus, c'est leur accorder un pouvoir « législatif », c'est-à-dire la capacité de créer de nouvelles règles et obligations. L'idée d'une autonomie de la conscience morale mise en valeur par Kant et étudiée sur le plan psychosociologique par Piaget me semble être l'une des formes que prend l'autonomie individuelle dans le contexte des contraintes imposées à l'existence d'un agent collectif. Dans son explication de la genèse de l'autonomie de la conscience morale, Piaget me semble concilier le caractère actif et constructif des individus et la valorisation intrinsèque des règles morales.

Dans *Le jugement moral chez l'enfant*, Piaget a contesté l'importance et le rôle exclusif que Durkheim a attribué à la contrainte dans la formation de la conscience morale. La règle hétéronome, imposée par la tradition, par les aînés, par les parents, ne suffit pas à rendre compte de l'autonomie de la conscience morale, de sa capacité à juger par elle-même le bien et le juste et de participer à l'élaboration des normes qui l'obligent³⁵¹. Pour ce faire, elle doit en effet sortir

arose to account for the undeniable reality that people everywhere sometimes failed to follow rules or to incorporate them and instead often used rules for their own interests ».

³⁵⁰ Edgerton (1985, p. 3) présente probablement mieux que moi cet argument : « *Yet the use of rules for self-interest could only be a viable strategy if rules were themselves viable as governors of human conduct. Unless rules were considered important and were taken seriously and followed, it would make no sense to manipulate them for personal benefit. If many people did not believe that rules were legitimate and compelling, how could anyone use these rules for personal advantage?* ». Elster (1989) reprend ce même argument dans son chapitre sur les normes sociales.

³⁵¹ Piaget (1932, p. 308-309) pose la question de façon très directe : « comment, si tout devoir émane de personnalités supérieures à lui, l'enfant acquerra-t-il une conscience autonome ? Si nous ne dépassons pas la morale du pur devoir, une telle évolution nous paraît inexplicable. [...] Bref, de l'hétéronomie propre au jeu des consignes on ne saurait sortir, même en compliquant ce

de sa centration initiale sur son point de vue propre et se coordonner aux points de vue des autres, selon un principe de réciprocité. Cette coordination par réciprocité est une méthode reposant sur un système d'opérations pouvant s'appliquer à une infinité de circonstances différentes. Or, la contrainte hétéronome impose non pas une méthode mais des croyances et des pratiques

jeu à l'infini : seul un pouvoir législatif accordé à la raison rendra compte de l'autonomie ». Piaget (1963, p. 241) : « nous ne croyons pas que par des processus de simple intériorisation des consignes, puis de choix entre consignes contradictoires au fur et à mesure des interférences d'influences qui se multiplient avec l'âge, on arrive à rendre compte de l'autonomie de la conscience morale ». On pourrait peut-être apporter une autre objection dans l'esprit du structuralisme opératoire de Piaget et de Chomsky. On pourrait douter que la contrainte des sanctions suffise à produire les capacités opératoires de la conscience morale, c'est-à-dire sa capacité à construire ou à reconnaître une infinité de jugements moraux différents mais valides, de même qu'un processus béhavioriste d'instruction par punitions et récompenses ne suffit pas à créer un locuteur capable de produire et de reconnaître une infinité de phrases grammaticalement valides. Sur l'impuissance des méthodes d'instruction et d'apprentissage empiriques à produire la compétence d'un locuteur, voir Chomsky (1965/1971, p. 79) : « On a démontré, semble-t-il, sans qu'il puisse y avoir de doute, que, mis à part toute question de possibilité de réalisation, des méthodes de ce genre sont intrinsèquement incapables de produire les systèmes de connaissance grammaticale qu'il faut attribuer au sujet parlant une langue ». Rawls (1971, p. 47) fait ainsi un rapprochement entre l'étude des règles de la grammaire et l'étude des règles morales : « *Only a deceptive familiarity with our everyday judgments and our natural readiness to make them could conceal the fact that characterizing our moral capacities is an intricate task. The principles which describe them must be presumed to have a complex structure, and the concepts involved will require serious study. A useful comparison here is with the problem of describing the sense of grammaticalness that we have for the sentences of our native language. In this case the aim is to characterize the ability to recognize well-formed sentences by formulating clearly expressed principles which make the same discriminations as the native speaker. This is a difficult undertaking which, although still unfinished, is known to require theoretical constructions that far outrun the ad hoc precepts of our explicit grammatical knowledge. A similar situation presumably holds in moral philosophy. There is no reason to assume that our sense of justice can be adequately characterized by familiar common sense precepts, or derived from the more obvious learning principles. A correct account of moral capacities will certainly involve principles and theoretical constructions which go much beyond norms and standards cited in everyday life* ». En réalité, cette objection ne porte que sur une conception de la morale qui évacuerait toute activité constructive de la part du sujet. Sur le caractère actif et constructif de la vie morale, on lit ceci chez Piaget (1944, p. 184) : « loin de consister à appliquer des règles générales toutes faites, comme certains philosophes et en particulier Kant en ont, en partie involontairement, provoqué l'illusion, la vie morale consiste en une construction continue : il est souvent plus facile de faire son devoir que de le discerner, et ce discernement résulte parfois de débats intérieurs dans lesquels il est impossible de ne pas reconnaître les signes d'une élaboration constructive. Frédéric Rauth a écrit tout un livre, qui est admirable, sur l'« expérience morale » pour montrer précisément que les normes éthiques n'ont rien d'« universel » dans le sens de propositions si générales qu'elles s'appliqueraient à tous les individus et toutes les situations, mais qu'elles résultent d'une « expérience » *sui generis* supposant une construction inductive ou déductive, comme l'expérience scientifique, et une vérification en fonction des résultats [...] Les premiers devoirs que connaisse l'enfant sont les consignes transmises par ses parents, mais, de ces normes hétéronomes, il tirera de nouvelles normes par généralisation et application à d'autres individus, par différenciation, réinterprétation, etc., jusqu'à aboutir à une intériorisation spiritualisée et autonome de cet ensemble qu'il aura sans cesse retravaillé ».

toutes faites tenues pour immuables. Elle ne peut imposer une règle de réciprocité applicable à une infinité de situations, parce qu'une telle règle est en réalité un principe abstrait qui prend la forme d'actions et de jugements différents selon les contextes. Dans la conscience, ce principe prend la forme d'un idéal, le « bien » ou le « juste », qu'on ne sait pas toujours comment atteindre concrètement. Avec la contrainte hétéronome, la morale se réduit à l'opinion régnante ou à l'usage traditionnel. La morale hétéronome est une morale transcendante. La morale de la coopération tend vers un idéal immanent qui émerge des interactions contemporaines plutôt qu'il n'est imposé par le conformisme obligatoire et l'action des générations les unes sur les autres. Le développement spontané de la notion de justice égalitaire ou distributive dans les interactions des enfants entre eux est frappant sur ce point³⁵².

Par sa critique, Piaget ne cherche pas à échapper au fait incontestable que la morale soit sociale³⁵³. Il souligne simplement que les formes d'interactions sociales possibles ne se réduisent pas au seul respect unilatéral et à la contrainte des générations les unes sur les autres, mais que les interactions sociales peuvent également prendre la forme de l'échange libre et du respect mutuel dans la coopération entre égaux. À la morale de la contrainte et du devoir hétéronome, il oppose donc sur le plan conceptuel la morale de la coopération, de la réciprocité et de l'autonomie de la conscience. Alors que la première tend à se transmettre de génération en génération, la deuxième est en partie réinventée à chaque génération dans les rapports de coopération. Alors qu'il y a en principe une multitude de morales hétéronomes possibles, la morale de la

³⁵² Piaget (1963, p. 253) : « c'est avant tout dans les relations entre égaux que l'enfant découvre le sens de la justice et même bien souvent (lorsqu'il est victime ou témoin d'une injustice) aux dépens de l'adulte plus que sous sa pression ».

³⁵³ Piaget (1932, p. 275) : « Sur le principe de la doctrine de Durkheim, c'est-à-dire sur l'explication de la morale par la vie sociale et sur l'interprétation des transformations de la morale en fonction des variations de structure de la société, nous ne saurions naturellement qu'être d'accord avec les sociologues [...] Les notions fondamentales de la morale enfantine se partagent ainsi en notions imposées par l'adulte et en notions nées de la collaboration des enfants eux-mêmes. Dans les deux cas, c'est-à-dire que les jugements de la morale de l'enfant soient hétéronomes ou autonomes, acceptés sous une certaine pression ou élaborés librement, cette morale est sociale, et Durkheim a sur ce point incontestablement raison ».

coopération est un point d'équilibre représenté par un idéal de réciprocité vers lequel converge spontanément toute morale au départ hétéronome dès lors que se relâche la pression du conformisme obligatoire³⁵⁴. La règle de réciprocité morale qui assigne une valeur $V\alpha$ positive à l'action de $R\alpha$ sur α' lorsque cette action vise $S\alpha'$ est l'une des formes de cet idéal de réciprocité. Elle n'est donc pas simplement « transmise » telle quelle d'une génération à l'autre, selon cette théorie, ce qui d'ailleurs poserait encore le problème de sa genèse et de sa transmission sans déformation. Elle n'est pas simplement un élément culturel que les individus « intériorisent » selon le mécanisme, peut-être trop simple pour un problème si difficile, de la sociologie parsonienne. Elle est bien sociale, mais selon un processus auto-organisationnel qui assure sa reconstruction continue autour d'un attracteur représenté dans les consciences par des idéaux de bien et de justice.

Il resterait à comprendre un peu plus précisément ce processus auto-organisationnel. En particulier, on peut tenter de le situer par rapport au cadre conceptuel et formel proposé par Piaget dans son étude de l'échange. Dans ce dernier, l'action morale $R\alpha$ répond à des obligations $T\alpha$ contractées antérieurement par α . La question est évidemment de comprendre ces obligations³⁵⁵. La source des obligations de conscience semble être affective. Elle se trouve dans un sentiment que Piaget appelle « respect ». Respecter l'autre, c'est lui attribuer une valeur. Respecter l'autre en tant que personne, ce n'est pas simplement attribuer une valeur à l'une ou l'autre de ses actions, mais accorder une valeur à son point de vue et valoriser son échelle de valeurs³⁵⁶.

³⁵⁴ Piaget (1932, p. 278) : « on peut concevoir que la coopération est la forme idéale d'équilibre vers laquelle tend la société lors de la rupture du conformisme obligatoire ».

³⁵⁵ Piaget (1941, p. 127) : « le caractère obligatoire et intériorisé de l'échange normatif ne peut ainsi se comprendre que si l'action désintéressée $R\alpha$ provient d'obligations antérieures $T\alpha$ contractées par α à l'égard de α' ou d'autres personnes que α' , et qui lui imposent encore actuellement certaines valeurs comme devant être respectées ».

³⁵⁶ Piaget (1941, p. 127) : « Nous pouvons appeler respect le sentiment lié aux valorisations positives (et absence de respect pour les valorisations négatives) des personnes (individus), par opposition à la valorisation des objets ou services. Respecter un homme signifie ainsi lui attribuer une valeur mais on peut attribuer une valeur à l'une de ses actions et à l'un de ses services sans le valoriser en tant qu'individu. Respecter une personne reviendra donc à

C'est ce « respect », cette valorisation d'un autre, qui est à la source des obligations morales. Le respect unilatéral consiste en une valorisation unilatérale de l'échelle de valeurs de la personne respectée. Il tend à provoquer l'adoption de cette échelle chez celui qui la respecte. Il crée ainsi une obligation à suivre les consignes de la personne respectée³⁵⁷. Piaget illustre ce processus à l'aide d'un exemple du philosophe du droit Pétraïtzky. Un admirateur de Tolstoï qui distribue sa fortune aux pauvres ($R\alpha$) le fait parce qu'il répond ainsi à l'obligation $T\alpha$ qu'il ressent de suivre les consignes de celui qu'il admire³⁵⁸. La « substitution réciproque des échelles » que Piaget place au fondement de la morale de la coopération résulte de la valorisation réciproque des personnes ou valorisation réciproque des échelles de valeurs, c'est-à-dire du respect mutuel, du sentiment d'une égale valeur de l'un et de l'autre. Encore une fois, c'est cette valorisation de l'autre qui serait source de l'obligation de conscience, mais qui, du fait que l'un et l'autre se jugent de valeur équivalente, commanderait cette fois-ci de se placer du point de vue de l'autre plutôt que d'accepter purement et simplement ses consignes. La première obligation impose un contenu fixe, celui de la consigne donnée par la personne respectée, la deuxième impose une méthode, celle d'agir en vue de satisfaire l'autre selon l'échelle de valeurs de ce dernier³⁵⁹. C'est de cette obligation, indéfinie en son contenu, de se placer du

reconnaître son échelle de valeurs, ce qui ne signifie pas encore l'adopter pour soi-même, mais attribuer une valeur au point de vue de cette personne ».

³⁵⁷ Piaget (1941, p. 128) : « cette valeur totale attribuée par l'enfant à la personne des parents conduit à deux résultats. Le premier est naturellement (et il ne fait qu'un avec la valorisation unilatérale des individus) que l'enfant adoptera l'échelle des valeurs de la personne respectée, tandis que l'inverse n'est pas vrai (ou à un degré bien inférieur) : ainsi, l'enfant imitera les exemples qu'on lui donne, épousera les points de vue adultes, etc. alors que l'inverse ne se produit pas ou bien peu. Le second est que le respect de l'adulte marqué par la valeur $V\alpha$ se traduit chez l'enfant par la reconnaissance $T\alpha'$ d'un droit constant de donner des ordres, des consignes, etc. Le terme $T\alpha'$ signifie donc pour l'enfant l'obligation de se conformer aux exemples et aux consignes de α ».

³⁵⁸ Piaget (1944, p. 182) : « c'est parce que A respectait Tolstoï qu'il en est venu à adopter ses consignes et à les intérioriser sous forme de devoirs. Quant à Tolstoï, c'est au Christ lui-même qu'il se serait référé. Dès lors, le rapport moral n'est pas tant à chercher entre A et B, qu'entre A et T : il devient alors bilatéral puisque ce sont les consignes de T qui obligent A [envers B], et même peut-être impératif-attributif puisqu'au respect de A pour T et à l'obéissance de A aux consignes de T correspond un droit (moral) de T [dans l'esprit de A] de formuler des consignes et de faire respecter les valeurs qu'il transmet ».

³⁵⁹ Piaget (1941) explique cette obligation de la façon suivante : « Cette obligation propre à la réciprocité normative s'explique par le fait que α ni α' ne sauraient, sans contradiction, valoriser

point de vue de l'autre pour le satisfaire que résulterait la constitution d'une conscience morale autonome³⁶⁰.

La norme morale de réciprocité produit des échanges désintéressés. Il y a toutefois des intermédiaires entre l'échange purement désintéressé et l'échange purement « intéressé ». Dans un échange « intéressé », on agit en vue de $V\alpha$, qui est alors une créance de laquelle on pourra éventuellement obtenir $R\alpha'$. Lorsqu'il existe une norme morale commune, alors l'échange ne prend plus seulement place entre α et α' . $R\alpha$ n'est pas évaluée seulement par α et α' mais peut l'être également par tous ceux (A) qui valorisent la même règle d'échange et qui contractent du fait de l'action $R\alpha$ une dette TA qui pourra donner lieu à une valeur d'estime VA pour α . Dans la mesure où la valeur d'estime VA peut être échangée pour obtenir RA, α a intérêt à faire ses échanges en fonction de la norme commune puisqu'il obtient alors non seulement $V\alpha$ l'estime de α' mais également VA l'estime de A (celle-ci pouvant lui permettre, à la limite, de se passer de l'estime de α'). Il y a donc échange entre α et la communauté A sur la règle d'échange utilisée. Ce mécanisme ne fonctionne que s'il y a une norme morale commune, une règle valorisée par la communauté. On ne peut donc réduire l'échange moral à l'échange « intéressé »³⁶¹. L'argument de Edgerton

l'autre tout en agissant simultanément envers lui de façon à être soi-même dévalorisé. Par exemple, α ne peut à la fois estimer α' et lui mentir, parce qu'alors α' cessera de l'estimer et il ne restera dans ce cas à α qu'à renoncer soit à estimer α' soit à s'estimer lui-même. Or, même si α' ignore le mensonge de α et lui garde son estime, le même mécanisme de réciprocité normative jouera à l'intérieur de la conscience de α dans la mesure où α valorise α' et reconnaît son échelle de valeurs ».

³⁶⁰ L'autonomie de la conscience se constituerait en réponse à la nature de la tâche que l'obligation impose. On peut peut-être voir dans le passage suivant (Piaget, 1941, p. 130) une caractérisation de cette tâche par comparaison avec la tâche qu'impose la règle hétéronome : « l'action "indéfinie" que requiert la norme de réciprocité ne connaît, par définition, pas de limites, puisque satisfaire autrui comme on voudrait être satisfait soi-même est un programme essentiellement indéterminé et « ouvert » ; au contraire, faire son devoir au maximum lorsque ce devoir n'a pas un contenu de réciprocité mais constitue une simple interdiction, peut constituer une action "close", à limite finie ».

³⁶¹ Piaget (1941, p. 126) : « Pour le vulgaire, en effet, la valeur morale $V\alpha$ est souvent conçue comme une valeur d'échange analogue à celles des échanges spontanés ($V\alpha$ = possibilité de satisfactions futures $S\alpha$ et droit à la récompense des autres, soit à $R\alpha'$), mais comme une valeur à échéance indéterminée et reculée à l'infini. C'est ainsi que raisonne une certaine morale courante [...] mais de telles conceptions prouvent simplement qu'il existe tous les

joue ici à plein. Ce mécanisme peut également renforcer la motivation à s'en tenir à la règle morale de l'échange désintéressé chez des agents pour qui elle n'est pas une valeur fondamentale. Il peut servir de système d'information, sous forme de réputations, en indiquant aux échangeurs qui sont les agents dignes de confiance, d'estime et de respect avec lesquels on peut échanger sans crainte³⁶².

8.11 La conservation juridique des valeurs d'échange

Il existe également des normes de conservation des valeurs dans les échanges à base d'intérêts personnels, et fondés sur des conventions et accords interindividuels, tels que la promesse et le contrat, par exemple. Comme Piaget, je parlerai alors de conservation d'ordre juridique (ou quasi juridique), même si les juristes renvoient souvent à la morale toute obligation reposant sur une norme non codifiée³⁶³. La « coordination normative d'ordre juridique », selon les termes de Piaget, consiste à assurer la conservation des valeurs dans leur réalisation, ce que représente la proposition II :

Proposition II. Si $(V\alpha = T\alpha')$ et $(T\alpha' = R\alpha')$ et $(R\alpha' = S\alpha)$ alors $(S\alpha = V\alpha)$.

intermédiaires entre l'échange spontané (ou "intéressé") et l'échange purement normatif (ou "désintéressé") ».

³⁶² Pour Peter Blau (1964), ce mécanisme d'échange individu - collectivité semble fondamental. Voir en particulier la p. 269 : « *common standards of fairness enable individuals to establish a social reputation in exchange transactions that benefit them in later transactions with other partners. Superior social status in the collectivity is the generalized reward for having made contributions to its welfare universally acknowledged as important, and it is the generalized means that makes a large variety of specific social rewards available to individuals. The differentiation of social status generated by universalistic standards of valued performance serves as a medium of social exchange, that is, as a repository of accumulated social rewards from which future benefits can be derived* ». Je reviendrai à la thèse de Blau dans une prochaine section de ce chapitre, lorsqu'il sera question des échanges indirects et multilatéraux.

³⁶³ Voir par exemple Fried (1981, p. 14-17). Cet auteur présente le respect d'une promesse comme une obligation morale. Dans le texte de 1941 où il présente sa théorie de l'échange, Piaget préfère limiter le domaine de l'obligation morale aux échanges désintéressés, et distinguer les normes juridiques non codifiées des normes du droit codifié. La promesse relève alors des normes juridiques non codifiées alors que le contrat relève du droit codifié, les premières inspirant le second.

α' reconnaissant à α la créance $V\alpha$ pour une raison ou une autre, la difficulté réside dans l'obtention de $R\alpha'$ et de $S\alpha$ ³⁶⁴. La première difficulté réside dans la conservation de l'équivalence $V\alpha = T\alpha'$, c'est-à-dire dans la conservation de l'équivalence de la créance et de la dette des échangeurs dans le temps et dans l'espace. Si, selon une entente tacite, mon voisin m'a donné un coup de main l'an dernier en échange d'un service que je pourrais lui rendre dans un avenir indéfini, il doit y avoir conservation dans le temps de l'équivalence de la valeur de sa créance $V\alpha$ et de ma dette $T\alpha'$ sinon il risque d'y avoir mécontentement ou conflit lorsque mon voisin aura besoin de mon aide. Si je lui rends le service $R\alpha'$ pour répondre à ma dette $T\alpha'$, il y a la possibilité que nous ne nous entendions pas sur l'équivalence de la valeur de $R\alpha'$ et de $T\alpha'$. Il peut y avoir $R\alpha' >$ ou $< T\alpha'$. De même, il peut y avoir mécontentement à propos de la valeur du service ($R\alpha' = S\alpha$). Au total, le risque est qu'il n'y ait pas équivalence entre la créance et la valeur retirée d'elle : ($S\alpha >$ ou $< V\alpha$), la situation conflictuelle étant ($S\alpha < V\alpha$). La solution normative consiste à transformer la créance en « droit » et la dette en « obligation ». La signification des termes de la proposition II devient alors :

$V\alpha$ = droit de α reconnu par α'

$T\alpha'$ = obligation corrélatrice de α'

$R\alpha'$ = prestation de α' destinée à remplir son obligation $T\alpha'$

$S\alpha$ = satisfaction de α résultant des prestations de α' .

Ici, il y a conservation normative des valeurs dans la mesure où $V\alpha$ et $T\alpha'$ sont préalablement « reconnus » et font l'objet d'un engagement explicite ou tacite. C'est cette reconnaissance, cet engagement, qui fait de cette conservation un acte juridique selon une norme non codifiée ou de droit privé, et qui transforme un échange s'étendant dans le temps en un échange simultané : α et

³⁶⁴ Dans le cas d'un échange bilatéral, on aurait une situation symétrique où α reconnaîtrait à α' le droit $V\alpha'$.

α' échangent des engagements³⁶⁵. Dans un échange bilatéral dans lequel α fait sa part avant α' , cet engagement fixe les relations $R\alpha = V\alpha$, $V\alpha = T\alpha'$ et $T\alpha' = R\alpha'$. Dans le cas d'un contrat d'assurance, la prime de l'assuré serait représenté par $R\alpha$ et le remboursement éventuel de l'assureur par $R\alpha'$. Comme l'un et l'autre sont séparés dans le temps (la prime devant toujours être payée à l'avance), ce sont des droits et obligations qui sont échangés au moment de l'entente : au prix de la prime $R\alpha$ α obtient le droit $V\alpha$ d'exiger un remboursement $R\alpha'$. En accordant ce droit en échange de la prime, α' contracte l'obligation correspondante $T\alpha'$ de verser ce remboursement selon les conditions de l'entente. La solution n'est que partielle, puisque l'entente elle-même reste sujette à l'opportunisme des parties, qui peut se manifester sous la forme d'information et d'action cachées contraire à l'entente, c'est-à-dire affectant les valeurs échangées, mais difficile à détecter par l'un ou l'autre des échangeurs. Ce phénomène est possible lorsque la valeur réelle de $R\alpha$ et de $R\alpha'$ est difficile à établir par chacun des échangeurs. L'approche économique des « contrats » se penche sur cet aspect du problème de la coopération dans l'échange sous la forme des relations « principal / agent » et des situations d'asymétrie informationnelle.

Le respect de l'entente peut résulter du fait qu'elle est une valeur pour elle-même, les échangeurs valorisant l'« honnêteté », ou parce qu'il en va de l'intérêt des échangeurs de la respecter. La réputation d'« honnêteté » (à distinguer de l'« honnêteté » elle-même) et le système judiciaire sont deux raisons importantes qui font qu'un agent peut avoir intérêt à respecter une entente. La construction d'une réputation n'est pas un caprice : étant donné le problème de coopération que soulève tout échange, une réputation d'honnête échangeur constitue un actif précieux pour participer à la plupart des réseaux d'échange. Au cœur de cette réputation, il y a le respect des droits et obligations

³⁶⁵ Freid (1981, p. 13) : « *Your commitment puts your future performance into my hands in the present just as my commitment puts my future performance into your hands. A future exchange is transformed into a present exchange* ».

établis par entente mutuelle (mais il peut également y entrer un élément de réciprocité d'ordre moral).

8.12 L'espace des formes d'échange, de la transaction à la relation

Tentons maintenant de tracer quelques grandes lignes d'un espace des formes d'échange qui assurent une conservation des valeurs d'échange. Inspirons-nous dans un premier temps des travaux du juriste Ian Macneil³⁶⁶. Macneil distingue la « transaction » de la « relation ». La transaction pure est un échange anonyme et simultané. Dans le cadre conceptuel présenté ici, elle est un échange où toutes les valeurs échangées peuvent être directement évaluées et comparées par les échangeurs. La transaction ne soulève pas le problème de la coopération parce que les valeurs échangées sont connues avec certitude et sont transférées simultanément d'un échangeur à l'autre. L'échange dans le modèle de la « concurrence pure et parfaite » est le prototype de la transaction. À l'opposé, la relation pure prend place sur une durée indéfiniment longue entre des échangeurs dont l'identité est clairement établie. Les valeurs échangées sont difficiles à évaluer précisément. La famille nucléaire en serait le prototype. Macneil associe le droit des contrats classique à la transaction, mais au sens strict celui-ci ne porte que sur des relations, c'est-à-dire sur des échanges qui s'étendent dans le temps et qui ne peuvent donc pas être anonymes³⁶⁷. Au regard de ce que nous avons vu jusqu'ici, je soutiendrai que les différentes formes de relation apportent chacune une solution au problème de la coopération dans l'échange.

³⁶⁶ Voir Ian Macneil (1974, 1978).

³⁶⁷ C'est ce que Macneil (1978) en vient presque à reconnaître. Voici comment il décrit la transaction pure : « *A truly discrete exchange transaction would be entirely separate not only from all other present relations but from all past and future relations as well. In short, it could occur, if at all, only between total strangers, brought together by chance (not by any common social structure, since that link constitutes at least the rudiments of a relation outside the transaction). Moreover, each party would have to be completely sure of never seeing or having anything else to do with the other. Such an event could involve only a barter of goods, since even money available to one and acceptable to the other postulates some kind of common social structure. Moreover, everything must happen quickly lest the parties should develop some kind of relation impacting on the transaction so as to deprive it of discreteness* » (p. 856).

Dans cet espace, on peut facilement placer un premier point, la « transaction », qui est la forme non problématique de l'échange, c'est-à-dire l'échange bilatéral simultané avec évaluation directe, par les échangeurs, des valeurs échangées. Nous pouvons alors définir les autres formes d'échange en fonction des solutions qui sont mobilisées pour résoudre les problèmes qui surviennent lorsque l'échange s'étend dans le temps et dans l'espace et lorsque les échangeurs ne peuvent pas évaluer directement les valeurs échangées. Nous pouvons placer ces solutions sur un continuum qui s'étend de la transaction pure à la relation pure. Si l'on place la transaction pure en haut, on aura immédiatement sous elle les relations qui mettent en action une règle de réciprocité d'ordre juridique, codifiée ou non codifiée. Sous ces relations, on aurait ensuite les relations qui mettent en action une règle de réciprocité d'ordre moral.

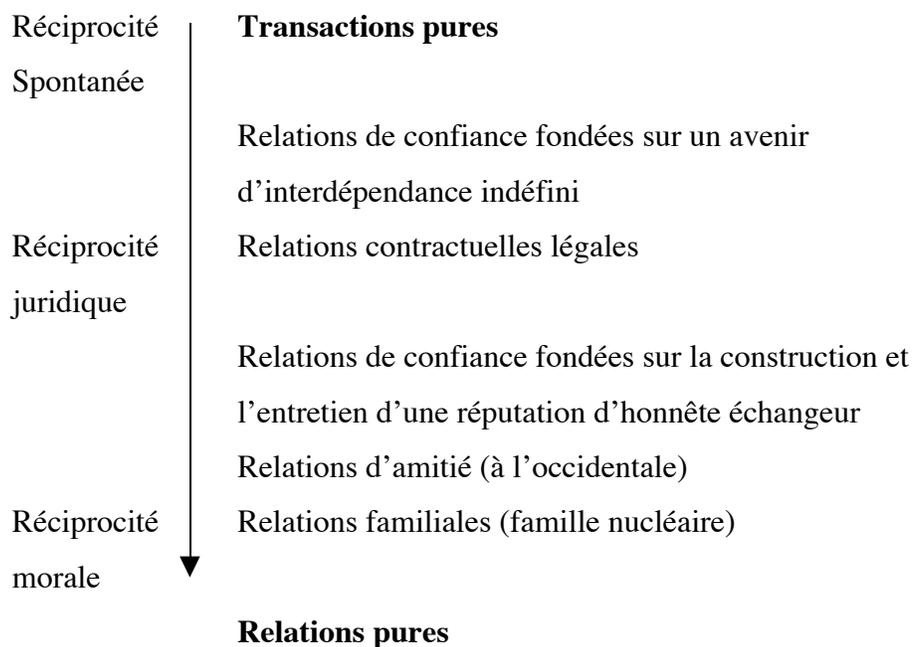


Figure 16. Continuum des types de relation

8.13 De l'échange bilatéral à l'échange multilatéral

Jusqu'à maintenant, je n'ai traité pour l'essentiel que d'échanges bilatéraux. Il faut maintenant replacer ces échanges dans des systèmes d'échanges permettant l'assemblage de nombreuses relations d'échange. Une limite importante à la réalisation d'un projet collectif par l'assemblage de nombreux échanges vient de la condition qu'imposent les agents praxéologiques à tout échange, qui doit nécessairement être avantageux du point de vue de chacun des échangeurs. L'assemblage de nombreuses transactions et relations d'échange de ce type n'est pas facile. Un échange ne se réalise que si deux échangeurs ont des échelles de valeurs et des ressources « complémentaires » au sens où chacun d'eux maîtrise des ressources que l'autre valorise plus que certaines de ses propres ressources. C'est ce qu'exprime indirectement la condition de bénéfice réciproque : $(S\alpha > R\alpha)$ et $(S\alpha' > R\alpha')$ où R représente la ressource cédée et S la ressource reçue en contrepartie de R. Si l'échangeur A valorise une ressource x que l'échangeur B possède, mais que A ne possède de son côté aucune ressource qu'il valorise moins que x et que B valorise plus que x , il n'y a pas d'échange direct possible entre A et B. A devra trouver un échangeur C qui possède une valeur y que B voudrait obtenir en échange de x , et qui serait prêt à échanger cette valeur y contre une ressource z que possède A. C'est l'un des problèmes classiques du troc. Les assemblages de relations d'échange sont difficiles dans un système de troc. S'il faut n échangeurs pour compléter un échange, il doit y avoir n comptes positifs. Si l'on s'en tient à l'échange direct et simultané, les limites à l'assemblage de relations d'échange sont très sévères puisque tous les échangeurs doivent être présents et disposer sur place de ressources « complémentaires » à échanger. L'introduction de valeurs virtuelles transférables simplifie les choses. Comme nous l'avons vu, les valeurs virtuelles permettent d'équilibrer les comptes dans les échanges qui s'étendent dans le temps et dans l'espace. Les valeurs virtuelles qui sont transférables peuvent remplir la même tâche en y ajoutant la possibilité

d'étendre l'échange à de nombreux échangeurs et de bâtir des circuits d'échange complexes. Dans mon exemple d'échange à trois échangeurs, A donnerait une valeur virtuelle V_A en échange du x de B (et inscrirait une valeur T_A à son propre compte). B échangerait ensuite V_A contre y avec C, possiblement à un autre moment et dans un autre lieu que le premier échange. C échangerait alors V_A contre z avec A, également à un autre moment et en un autre lieu. Le problème de la conservation des valeurs virtuelles reste inchangé et peut être résolu, en principe, par un système de normes qui ferait de V_A le droit d'exiger de A qu'il « rembourse au porteur » la créance V_A . Au total, la contribution des valeurs virtuelles et des systèmes de normes qui assurent leur conservation à l'assemblage des relations d'échange est d'assouplir les conditions qu'impose habituellement la réalisation d'échanges directs et simultanés. Des échanges indirects mutuellement avantageux sont rendus possibles par la « transférabilité » des valeurs virtuelles. Plus elles sont transférables et fiables, plus elles permettent l'extension des réseaux d'échange. La simple promesse est peu transférable. Si j'ai promis un service à A, il pourra peut-être céder cette valeur virtuelle dans un échange avec B mais il est probable que la circulation de cette valeur s'arrêtera à ce point³⁶⁸. Pourquoi en est-il ainsi ? Coleman suggère que c'est faute d'une unité de mesure³⁶⁹. Ce serait donc leur caractère qualitatif qui serait l'obstacle à leur transférabilité. Leur caractère qualitatif les attacherait irrémédiablement à des échangeurs, c'est-à-dire à des échelles de valeurs, et à des relations bien définies. Une autre raison, complémentaire à la première, serait la difficulté d'assurer la conservation de ces valeurs qualitatives

³⁶⁸ Coleman (1990, p. 125) illustre les propos associés à ce genre de circulation des valeurs virtuelles : « *John owes me a favor. Tell him I said to ask him to give you a hand* » ; or « *Mary said you let me have this if I told you she sent me.* » ».

³⁶⁹ Coleman (1990, p. 126) : « *One clear reason why promises are not negotiable appears to be that which plagues any system without a general unit of account: There is no widely recognized unit in which accounts can be balanced. This may be intrinsic to the kinds of goods and services exchanged outside economic systems. It may be that their value depends on the particular relation and is intrinsically connected to the identities of the two parties involved* ». Blau (1964, p. 268) soulignait déjà le problème de la mesure des valeurs échangées : « *The crucial problem of indirect exchange is that of a generally valid measure of comparative value* ». Les normes sociales permettent une comparaison de la valeur des actions des uns et des autres, rendant possible des échanges indirects mais ne permettent pas la circulation indéfinie des valeurs échangées.

en dehors de relations durables, qui sont justement le moyen qui permet leur conservation³⁷⁰. L'argent constitue de nos jours, dans les pays occidentaux, la plus transférable et la plus fiable des valeurs d'échange virtuelles. Par son intermédiaire, des circuits d'échange indéfiniment longs peuvent être assemblés³⁷¹. Pourquoi en est-il ainsi ? L'argent découple, dans un nombre indéfiniment grands d'échanges, les deux parties qui composent tout échange. D'où vient ce pouvoir de l'argent ? Peut-être des comparaisons indéfiniment nombreuses que rendent possibles les valeurs exprimables en unités monétaires et du fait qu'une monnaie stable assure une bonne conservation des valeurs dans les échanges indirects³⁷². La question demeure toutefois de savoir pourquoi il

³⁷⁰ Macneil (1974, p. 790) associe les caractères de la transaction à la transférabilité. Son analyse me semble extrêmement pertinente pour la question de la transférabilité des valeurs virtuelles : « *Examination of the nature of transactions reveals virtually nothing inhibiting alienability of right, and only one (important) inhibition on the transfer of duties. Indeed, almost every thing about the transactional polar axes tends to make pure transactions as exchangeable as pieces of clay pottery. Their discreteness as nonprimary relations, the subject matter of the exchanges, the careful measuring, the sharpness of commencement and termination, the completeness and specificity of bindingness and obligation in planning, the absence of need for extensive future cooperation, the absence of sharing of burdens and benefits, all mean that with one exception nothing in the nature of transactions stands in the way of complete transferability* ». À l'inverse les valeurs virtuelles qui apparaissent dans les relations sous la forme de droits et d'obligations ont des caractères qui les rendent peu ou non transférables : « *Primary relations, depending as they do heavily on the identity of participants, tend to be non-transferable, at least by simple exchange. The absence of measurability and actual measurement in pure relations makes exchanges transfers difficult, as do absence of finiteness and clarity of commencement and termination of relations. Similarly, both the length of relations and the nature of limitations on relational planning make simple transfers of relations difficult to achieve. The possibility of future planning altering relations, the absence of bindingness of planning, and the great need for future cooperation and relational development of future obligations all make simple exchange transfer of relations an anomalous concept, particularly since burdens and benefits tend to be shared rather than divided and parceled out. Finally, the element of trust demanded by participant views of relations make identity important, and simple transfer therefore unlikely* » (p. 791). Je ne suis pas certain de comprendre pourquoi Macneil discute de la transférabilité des transactions et des relations plutôt que de celle des droits et des obligations. Une transaction et une relation au sens où il utilise ces termes sont des échanges. Un échange peut-il être transférable, c'est-à-dire échangeable ? Malgré cette ambiguïté, les éléments d'analyse qu'il apporte me semblent importants et transposables à une analyse qui fait appel à l'idée de valeur virtuelle.

³⁷¹ Blau (1964, p. 269) : « *Its transferability makes money the intermediary in a complex system of indirect exchange. Each person renders services to another or to an organization, in return for which he obtains goods and services he wants not from the recipient but from a large number of others, and money mediates these indirect exchange transactions* ».

³⁷² Voici comment Blau (1964, p. 268) conçoit l'argent et ses caractéristiques qui ont permis l'extension indéfinie des réseaux d'échange : « *Modern money is basically not a valuable commodity, such as gold, but a generally agreed upon abstract standard for ascertaining and comparing the value of everything that enters into economic transactions. A tremendous expansion of the network of indirect exchange transactions is made possible by money, because*

existe des valeurs d'échange qualitatives et d'autres qui soient quantitatives et exprimables en unités monétaires.

La « transférabilité » de l'argent vient de ce qu'il est totalement dissociable de toute personne identifiable. Il n'est pas l'attribut d'une personne en particulier. Il est une valeur qui conserve l'anonymat de son possesseur. Il n'est pas un lien entre deux personnes définies mais entre des échangeurs anonymes. Cela traduit peut-être simplement le fait que les valeurs exprimées en unités monétaires sont quantifiées et permettent des comparaisons indéfinies. À l'opposé, il existe des valeurs virtuelles encore moins transférables que les promesses mais dont l'importance n'est pas moins considérable. Il s'agit de la reconnaissance dont quelqu'un bénéficie, de son statut social au sens large, qui est une valeur virtuelle associée à des relations entre des personnes ou des groupes de personnes bien définis³⁷³. Elle est un attribut personnel qui existe dans le cadre d'une relation qui s'étend dans le temps. Alors que l'échange en argent étend aux échanges multilatéraux non simultanés le domaine de la transaction spontanée, le statut social est toujours lié pour sa part à des relations réglées par des normes en bonne partie implicites. Par exemple, la reconnaissance de ses pairs dont bénéficie un scientifique est tributaire des jugements que ceux-ci portent sur la valeur de ses travaux. Ces jugements sont eux-mêmes fonction, entre autres choses, des normes qui organisent la discipline à laquelle le scientifique fait sa contribution. Les « normes sociales » rendent possibles bien des échanges indirects et multilatéraux³⁷⁴.

it permits the easy transfer of obligations and credit, and because it is a highly liquid asset that can be readily converted into any other economic valuable ».

³⁷³ J'utilise ici l'expression statut social au sens où Coleman (1990) utilise l'expression anglaise « social status ». Il s'agit de la reconnaissance au sens où l'on dira de quelqu'un qu'il est un physicien ou un avocat reconnu, respecté, renommé, de grande réputation dans sa discipline ou dans sa profession. Blau (1964, p. 269), dont Coleman s'inspire, utilise pour sa part aussi bien l'expression « *social status* » que celle de « *social reputation* » pour parler du même phénomène. La valorisation du statut social pour lui-même constitue une distanciation par rapport aux caractéristiques de l'agent autonome pour lequel la valorisation du statut social ne peut-être que dérivée de son utilité en tant que valeur d'échange virtuelle.

³⁷⁴ Voici comment Blau décrit le mécanisme général par lequel les normes communes rendent possibles et règlent des échanges dans lesquels le statut social joue le rôle de valeur virtuelle : « *Universalistic values of achievement and approval are the medium of social exchange into*

Le statut social est souvent valorisé pour lui-même par les échangeurs, mais il est également une valeur d'échange virtuelle permettant la réalisation d'échanges multilatéraux étendus dans le temps et dans l'espace³⁷⁵. Il peut être donné en retour d'un service rendu à la réalisation d'un projet commun, qui peut prendre la forme de l'utilisation de certaines règles³⁷⁶. Accorder à quelqu'un le statut d'honnête échangeur parce qu'il semble agir en suivant les règles de réciprocité que l'on valorise en est un exemple. Accorder à quelqu'un le statut de scientifique compétent parce qu'il semble faire usage de certaines règles que

which diverse contributions to the collective welfare are translated in the form of social status in the community. This creates a "store of value" – social credit that individuals can draw on to obtain advantages at a later time. Thus common standards of fairness enable individuals to establish a social reputation in exchange transactions that benefits them in later transactions with other partners. Superior social status in the collectivity is the generalized reward for having made contributions to its welfare universally acknowledged as important, and it is the generalized means that makes a large variety of specific social rewards available to individuals ». Blau me semble faire l'erreur de prendre les normes sociales pour les valeurs virtuelles alors qu'elles ne sont que des normes permettant de fixer et de comparer la valeur des contributions de chacun dans les échanges indirects. Coleman (1990) ne s'y est pas trompé et présente le statut social lui-même comme un équivalent fonctionnel de l'argent plutôt que les normes qui règlent (partiellement) la détermination du statut d'un échangeur. L'argent ne joue pas le rôle d'instrument de comparaison en fixant la valeur des biens et des services mais en permettant la conversion des uns dans les autres. Les valeurs fixées de façon plus ou moins importante par des normes ne fluctuent pas de la même façon que peuvent le faire des valeurs libres comme les prix sur un marché, la fonction des normes étant justement d'assurer la conservation des valeurs dans les échanges indirects et multilatéraux. Les travaux de Piaget (1951, 1970) sont les seuls que je connaisse qui fassent la distinction entre les valeurs réglées ou normatives et les valeurs spontanées ou libres. Cette distinction est importante. Si la conservation des valeurs d'échange permet la constitution de réseaux d'échange étendus en résolvant le problème de la coopération, une certaine variabilité des valeurs d'échange est nécessaire à la constitution de machines sociales fondées sur des mécanismes de rétroaction. Ceux-ci sont nécessaires dès lors qu'une action ne peut être entièrement et correctement planifiée à l'avance. Je reviendrai sur cette importante question lorsque je discuterai des machines sociales de construction de connaissances.

³⁷⁵ Coleman (1990, p. 130) : « *the awarding of status to balance unequal transactions or to make possible half-transactions appears to be the most widespread functional substitute for money in social and political systems* ».

³⁷⁶ Coleman (1990, p. 130) nous explique ce qu'il considère être un processus assez répandu d'échange impliquant le statut social en tant que valeur virtuelle : « *the general structure is as follows: One person has special control (due to ability or any of other numerous causes) over events in which another has special interest [...] when this configuration does arise, the person with interest in the activity gives a credit slip of status to the person with control over it. This is a kind of account against which the status-holder can draw, deposited against the possibility of a situation in which the status-holder can aid the status-awarder in gaining control over the desired events. This can come about in either of two ways: when the status-holder can directly aid the other who has paid him deference [...] or when the status-holder can aid a collective activity in which the other has an interest* ».

l'on valorise et que l'on associe à la science en est un autre. Le possesseur de ce statut peut ensuite utiliser cette valeur virtuelle dans ses échanges pour se donner des moyens d'obtenir un plus grand statut encore, celui de scientifique de premier plan, par exemple, ou pour obtenir un revenu en valeurs transférables plus important, ou tout simplement pour mieux réaliser les idéaux propres au système de normes qui le guide, ces trois types de fin pouvant probablement être poursuivies simultanément ou en alternance par une même personne.

Dans le paragraphe précédent, j'évoque l'idée qu'un statut social puisse être « échangé » contre des valeurs transférables, c'est-à-dire principalement de l'argent. En principe, un statut social ne se transfère pas, parce qu'il est lié à une personne définie et identifiable ou à un groupe de telles personnes. Quelqu'un peut payer pour obtenir les services d'un détenteur de statut social mais n'obtiendra que rarement le statut lui-même en retour d'un paiement en argent ou d'une promesse³⁷⁷. Aussi riche quelqu'un puisse-t-il être, il ne peut s'acheter une réputation de grand chirurgien auprès des chirurgiens, de grand physicien auprès des physiciens ou de grand juriste auprès des juristes sans utiliser des moyens frauduleux³⁷⁸ extraordinaires tels que l'usage de « nègres », c'est-à-dire de chirurgiens, de physiciens ou d'avocats qui font tout le travail à sa place et sous son identité. Un directeur de laboratoire qui s'approprie systématiquement les travaux des collaborateurs qu'il embauche dans le but d'obtenir un plus grand statut ne trompera pas indéfiniment ses pairs sur sa propre valeur de chercheur. À moins que ses collaborateurs ne travaillent dans la clandestinité la plus totale, on soupçonnera toujours leur contribution plus ou moins anonyme à ses travaux. De plus, sauf dans des contextes bien particuliers, il ne pourra recruter aucun collaborateur de talent s'il impose l'anonymat et la clandestinité totale comme condition d'échange. Même un jeune talent largement sous-

³⁷⁷ Barnes (1985, p. 47) : « *although recognition is a route to money, money is emphatically not a route to recognition. Whereas there are routine methods of exploiting one's scientific eminence to make money, there are no routine ways of exploiting wealth to obtain scientific eminence—whether for oneself or for others. Recognition is legitimately accorded only to qualified scientists and only for research* ».

³⁷⁸ Frauduleux au regard des normes qui déterminent les statuts.

évalué, c'est-à-dire de faible statut et sans grand pouvoir de négociation, n'acceptera l'échange que pour autant que celui-ci ne porte pas que sur des valeurs transférables mais également sur une valeur de réputation, au minimum celle d'avoir travaillé dans tel laboratoire, dans l'équipe de tel chercheur ou à tel projet. Un scientifique ne peut se contenter d'un échange qui ne lui apporterait en retour de son travail que des valeurs transférables. Sans statut, sans réputation, il n'aura rien à échanger et n'intéressera personne. Ce trait est commun à bien des systèmes de carrière. Le pouvoir de négociation d'un ingénieur, d'un avocat ou d'un gestionnaire repose en bonne partie sur sa « feuille de route », sur la valeur présumée de son expérience de travail.

8.14 Le problème de l'échange selon Williamson

Toute conduite individuelle ou collective présente deux aspects, l'un structurel, qui représente les réseaux d'échange possibles avec le milieu, et l'autre praxéologique c'est-à-dire portant sur les buts que ces réseaux permettent d'atteindre et leur rendement relatif. Toutes les formes d'échange ne sont pas également accessibles à une collectivité, de même qu'elles n'offrent pas toutes les mêmes rendements. La thèse de Williamson permet peut-être de comprendre un peu mieux les différences de rendement entre les formes d'organisation des échanges. Les différents moyens possibles pour assurer la majoration, ou de façon moins ambitieuse, la conservation des valeurs d'échange impliquent des coûts : « *Transaction cost economics poses the problem of economic organization as a problem of contracting. A particular task is to be accomplished. It can be organized in any of several alternative ways. Explicit or implicit contract and support apparatus are associated with each. What are the costs?*³⁷⁹ ». Williamson explore l'origine et la nature de ces coûts de transaction, et suggère que les modes d'organisation des échanges que l'on peut repérer dans le contexte global d'une économie de marché sont liés aux caractéristiques de ces coûts : « *Transaction cost economics maintain that there are rational*

³⁷⁹ Williamson, (1985), p. 20.

*economic reasons for organizing some transactions one way and other transactions another*³⁸⁰ ». Williamson assoit son étude des coûts de transaction sur une architecture individuelle qui ne laisse pas de place aux coordinations par les valeurs normatives morales et quasi juridiques. Les agents « williamsoniens » sont radicalement opportunistes. Dans ce contexte, il reste toujours le droit privé codifié, bien sûr, pour régler les échanges. Mais tout (les valeurs virtuelles, les prestations attendues, etc.) ne peut être entièrement prévu et donc « reconnu » et « codifié » à l'avance par les échangeurs (« rationalité limitée »). Le droit privé coûte lui-même cher, sans compter qu'il est souvent inefficace pour démêler l'écheveau compliqué de droits et d'obligations conditionnelles que tissent les agents opportunistes (pensez à tous les échanges qui sont effectués dans une grande organisation, ne serait-ce que pendant une seule journée). Ces agents ne peuvent anticiper avec exactitude comment ces droits et obligations seront « réalisés ». Il y a incertitude dans la proposition II de Piaget ou, pour utiliser les termes de Williamson, « *Transactions are subject to ex post opportunism* ». Les situations d'équilibre et de majoration des valeurs d'échange sont donc fort difficiles à atteindre. Elles sont difficiles à atteindre, mais pas également pour tous les types d'échange. Williamson classe les transactions selon la particularité des actifs en jeu dans l'échange, selon l'incertitude entourant la complétion de l'échange et puis selon la fréquence du type d'échange envisagé. Lorsque les ressources échangées sont relativement courantes et interchangeable, l'équilibre serait facilement atteint par une transaction directe sur un marché concurrentiel. Sur ce point, peut-être que Williamson surestime le caractère purement transactionnel de la plupart des échanges marchands. Il faut presque toujours prendre en compte la volonté du vendeur de conserver l'estime ou la réputation dont il jouit, qui suffira souvent à le contraindre à compléter l'échange à la satisfaction du client. C'est que la réputation est une valeur virtuelle importante dans un milieu concurrentiel, quand l'acheteur peut changer de partenaire d'échange sans encourir de coûts importants. Ces coûts sont importants dans tous les cas où entrent en jeu des

³⁸⁰ Williamson, (1985), p. 52.

valeurs virtuelles particulières et difficilement réalisables en dehors de l'échange amorcé. Un investissement particulier effectué dans le cadre d'une relation d'échange consiste en effet en la transformation d'une valeur réelle en une valeur virtuelle. Voyons ces questions de plus près.

Dans mon exemple des trois échangeurs A, B et C de tantôt, le circuit d'échange indirect est bouclé par une simple permutation des ressources détenues par les échangeurs. La situation au temps t_0 pourrait être représentée comme suit : A (0, 0, z), B (x, 0, 0) et C (0, y, 0). La situation au temps t_1 pourrait l'être de la façon suivante : A (0, y, 0), B (x, 0, 0) et C (0, 0, z) et celle du temps t_2 serait : A (x, 0, 0), B (0, y, 0) et C (0, 0, z)³⁸¹.

Les échanges indirects ne se limitent pas à ce type de permutation. Lorsqu'elles sont combinées, les ressources se transforment en d'autres ressources. On pourrait, par exemple, avoir $x * y * z = w$ (et poser qu'il s'agit d'une action irréversible). Si la ressource w intéresse un échangeur D, celui-ci pourrait échanger une quantité de valeurs virtuelles transférables V_t contre une quantité de x , de y et de z pour produire une quantité de w . Supposons maintenant que w entre dans la fabrication de s en se combinant à u et à v : $u * v * w = s$. Si w tire sa valeur seulement de son utilisation dans la fabrication de s , alors D prend un risque en investissant dans la fabrication de w . w est un *specific asset*, un actif particulier, selon l'expression de Williamson³⁸². C'est

³⁸¹ Les deux permutations de l'échange, f_1 et f_2 , pourraient être représentées à l'aide des matrices des ressources détenues, sous la forme d'un passage d'une matrice à l'autre :

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} t_0 \\ 0\ 0\ 1 \\ 1\ 0\ 0 \\ 0\ 1\ 0 \end{array} & \begin{array}{c} f_1 \\ \rightarrow \\ \end{array} & \begin{array}{c} t_1 \\ 0\ 1\ 0 \\ 1\ 0\ 0 \\ 0\ 0\ 1 \end{array} & \begin{array}{c} f_2 \\ \rightarrow \\ \end{array} & \begin{array}{c} t_2 \\ 1\ 0\ 0 \\ 0\ 1\ 0 \\ 0\ 0\ 1 \end{array}
 \end{array}$$

On compose f_1 et f_2 pour obtenir la permutation complète :

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} z \rightarrow y \\ x \rightarrow x \\ y \rightarrow z \end{array} & \text{suivis de} & \begin{array}{c} y \rightarrow x \\ x \rightarrow y \\ z \rightarrow z \end{array} & = & \begin{array}{c} z \rightarrow x \\ x \rightarrow y \\ y \rightarrow z \end{array}
 \end{array}$$

³⁸² Voir Williamson (1985). L'auteur nous donne l'exemple suivant pour illustrer les cas où un actif spécifique est en jeu : « *site-specific transfer of intermediate product across successive*

donc dire que si quelque chose compromet la réalisation de s , les ressources investies en w seront perdues. Pourquoi les actifs particuliers, ou spécialisés, provoquent-ils un problème de coopération particulier ? Supposons qu'un entrepreneur E achète u et v et propose à D de lui acheter des ressources w en vue de produire des s . D accepte et investit dans la production de w . Supposons maintenant que E change d'idée, annule sa commande de w , et revend ses ressources u et v , qui ne sont pas des actifs spécialisés. Si D ne peut trouver d'autres acheteurs pour ses unités de w déjà produites, il aura perdu son investissement. Cette situation est identique à celle de l'échangeur dont les valeurs virtuelles se dévaluent au point de ne plus rien valoir. w est une valeur virtuelle dans un échange indirect, mais une valeur virtuelle non transférable, et d'autant moins transférable qu'elle est plus spécialisée. Une valeur virtuelle transférable conserve sa valeur du fait de sa transférabilité même. Une valeur virtuelle non transférable ne se conserve que sous l'effet de normes qui la fixent. Ces normes elles-mêmes ne peuvent apparaître et être respectées qu'à l'intérieur d'une relation plus ou moins durable. D'où le phénomène théorisé par Williamson selon lequel les échanges indirects impliquant des actifs spécialisés ne prennent pas la forme de simples transactions mais sont réalisés sous la forme de relations plus élaborées permettant la mise en place de mécanismes assurant la coopération des parties dans l'échange. Le type de relation qui garantit la coopération dans les échanges indirects est fonction du degré de spécialisation des actifs et des adaptations qui sont nécessaires en cours de route. Il y a les relations contractuelles qui impliquent le recours à une tierce partie : les tribunaux ou un arbitre. Cette solution est difficilement applicable dans les cas où les termes de l'échange ne sont pas clairement fixés au moment de l'engagement initial ou lors de révisions officielles et écrites. Plus une relation d'échange nécessite de flexibilité et de possibilités d'adaptation, moins l'entente initiale portera sur le contenu des échanges et plus il portera sur la

stage » (p. 73). Dans mon exemple, w est un produit intermédiaire dans un processus de fabrication. Un actif est particulier ou spécialisé lorsqu'il est lié à un lieu, à un temps ou à un processus unique qui lui confèrent sa valeur d'actif.

forme de ceux-ci³⁸³. Les tribunaux constituent une solution de dernier recours et ne contribuent pas à faire des contrats un outil flexible permettant l'adaptation des échanges entre deux parties³⁸⁴. Les systèmes d'arbitrage les moins judiciairisés seraient les plus efficaces sur ce plan en permettant les efforts de persuasion, la médiation et les compromis³⁸⁵. Selon Williamson, une relation de « *bilateral governance* » permet d'assurer flexibilité et coopération dans un contexte d'investissements spécialisés. De quoi s'agit-il ? Il s'agit essentiellement d'ententes auto-exécutoires dans lesquelles les sources de conflit sont réduites *ex ante* et des mécanismes de règlement *ex post* des conflits sont prévus. Ces mécanismes ne font pas appel à une tierce partie. Le modèle de réduction *ex ante* des conflits que propose Williamson est celui de la prise d'otage, dans lequel les échangeurs ont avantage à ne pas briser la relation parce qu'ils se sont « liés les mains » en offrant à l'autre partie un « otage ». Si l'échangeur D obtient de E la garantie d'une compensation partielle ou complète en cas d'annulation de la commande de w , il investira dans la fabrication de w . Cette garantie peut prendre la forme d'un paiement partiel ou total effectué à l'avance, au moment de la commande, par exemple³⁸⁶.

³⁸³ Macneil (1974, p. 759) : « *To the extent that the relation cannot be or is not transactionized at the time of planning there will be no sharp focus on the substance of the exchange to occur under the relation. This does not mean that the remainder of the relation will necessarily be unplanned. Rather, planning is likely to focus on the manner in which the relation is to operate; such planning is thus constitutional and procedural rather than substantive. This kind of planning provides frameworks for further planning and mutual agreement as needed in the future* ».

³⁸⁴ Williamson (1985, p. 203) : « *Disputes are not therefore routinely litigated; contract and the courts are used for ultimate appeal (Llewellyn, 1931). Such ultimate appeal affords protection against abuses, of which "might is right" is an elementary example. But ultimate recourse does not imply a capacity to make frequent and nuanced adjustments in continuing relations [...]* ».

³⁸⁵ Macneil (1974, p. 742) : « *the western legal system, especially the judiciary (real or quasi) [...] is uncomfortable in the highest degree with persuasion, mediation, adjustment, compromise, etc. Since, however, life cannot proceed anywhere in any system without such concepts in heavy everyday use, their application tends to be kept under cover [...]* ».

³⁸⁶ Williamson réfléchit en fonction des coûts relatifs : en obtenant une garantie de compensation, D vendra à E les unités de w à un prix inférieur à celui qu'il ferait sans cette garantie. S'il ne s'agissait que d'une redistribution du risque lié aux fluctuations dans la demande de s , on pourrait difficilement parler d'une économie de coût de transaction. Ce n'est que si la prise d'otage élimine des risques liés à l'opportunisme des parties que l'on pourra parler d'une économie de coût de transaction.

Williamson soutient que la « *bilateral governance* » est supplantée par une « *unified governance* », c'est-à-dire une organisation, lorsque les modifications nécessaires pendant le déroulement de l'échange sont nombreuses et que la spécialisation des actifs fait en sorte que les économies d'échelle possibles peuvent aussi bien être réalisées par l'acheteur que par le vendeur. L'organisation rend les ajustements plus faciles en évitant que chaque interaction soit un enjeu de négociation et de marchandage. Cela est rendu possible en faisant en sorte que chaque interaction ne mette pas systématiquement en jeu l'intérêt des parties impliquées³⁸⁷. La hiérarchie est alors le moyen principal par lequel les conflits dans les interactions sont résolus.

Les grandes formes de relation auxquelles Williamson recourt pour résoudre sur le plan conceptuel le problème de la coopération en situation d'actifs spécialisés ne constituent qu'un sous-ensemble des relations possibles. Williamson ne fait pas appel aux systèmes de réputation, aux relations d'amitié ou aux relations familiales, pour prendre quelques exemples. On répliquera que dans les affaires, ces autres types de relation jouent un rôle secondaire³⁸⁸. Pourtant, les travaux des juristes desquels s'inspire en partie Williamson semblent indiquer le contraire. En étudiant le rôle que jouent les contrats légaux et les recours aux tribunaux dans les affaires³⁸⁹, les juristes et les sociologues du droit se sont rendu compte que ce rôle n'est pas aussi important que pourrait le laisser croire le centralisme juridique qui est la perspective hobbesienne sur le problème de la conservation des droits et des obligations dans le temps et dans

³⁸⁷ Williamson (1985, p. 78) : « *The advantage of vertical integration is that adaptations can be made in a sequential way without the need to consult, complete, or revised interfirm agreements. Where a single ownership entity spans both sides of the transaction, a presumption of joint profit maximization is warranted* ».

³⁸⁸ Dans *Markets and Hierarchies*, Williamson mentionne d'autres types de relation et va jusqu'à écrire que : « *To be sure, trust is important and businessmen rely on it much more extensively than is commonly realized* » mais selon lui, le fond de l'argument demeure : « *Interfirm trading nevertheless incurs bargaining costs and trading risks which might be mitigated if instead the transaction were to be integrated, in which case interests are more thoroughly harmonized and a wider variety of sanctions for policing transactions are thereby made available* » Williamson (1975, p. 108).

l'espace. Williamson a pris note de ce constat en ne tenant pas pour acquis que les tribunaux suffisent à assurer que les ententes prises soient respectées, mais il n'utilise pas les indications que d'autres mécanismes que ceux qu'il nous présente sont à l'œuvre pour assurer la conservation des valeurs virtuelles³⁹⁰.

³⁸⁹ Le célèbre article de Stewart Macaulay, « *Non-Contractual relations in Business* » commence par cette interrogation : « *What good is contract law? Who uses it? When and how?* ». Voir Macaulay (1963), p. 55.

³⁹⁰ Granovetter (1985) fait une belle critique de Williamson (1975) sur ce point et met en valeur le rôle des relations sociales concrètes : « *The embeddedness argument stresses instead the role of concrete personal relations and structures (or "networks") of such relations in generating trust and discouraging malfeasance* » (p. 490). Quant aux indications, dans les recherches empiriques, de l'importance de différentes formes de relations dans la solution au problème de la coopération, j'en fournis, dans la suite de cette note, un échantillon tiré des travaux de juristes. Macaulay (1963, p. 58) : « *Businessmen often prefer to rely on "a man's word" in a brief letter, a handshake, or "common honesty and decency"—even when the transaction involves exposure to serious risks* ». Les explications de Macaulay sur les raisons de l'usage limité du contrat et des tribunaux dans les affaires font appel à l'idée de relations durables et de systèmes de réputation : « *Not only do the particular business units in a given exchange want to deal with each other again, they also want to deal with other business units in the future. And the way one behaves in a particular transaction, or a series of transactions, will color his general business reputation. Blacklisting can be formal or informal. Buyers who fail to pay their bills on time risk a bad report in credit rating service such as Dun and Bradstreet. Sellers who do not satisfy their customers become the subject of discussion in the gossip exchanged by purchasing agents and salesmen, at meetings of purchasing agents' associations and trade associations, or even at country clubs or social gatherings where members of top management meet* ». Comme le souligne William E. Evan dans son commentaire de l'étude de Macaulay, les propos recueillis par celui-ci nous mettent sur la piste d'une véritable « moralité » des hommes d'affaires américains : « *"commitments are to be honored in almost all situations"; "one does not waltz on a deal"; "one ought to produce a good product and stand behind it"; "a man's word or handshake... is the equivalent of the bindingness of a contract"* » (Macaulay, 1963, p. 69). Dans un article récent, Macaulay (1996, p. 117) écrit que : « *Long-term continuing relations, extended family ties and what Sally Falk Moore calls "fictive friendship" play a more important role in modern economies than Weberian formally-rational systems of contract law* ». Il écrit également que : « *We can speculate that religious and ethical ideas about promise-keeping played at least as great a role as legal commands* » (p. 120). Beale et Dugdale (1975) ont confirmé les résultats de Macaulay en Angleterre. Voici comment ils rendent compte des pratiques contractuelles dans les affaires en Angleterre : « *Even if plan had been made to cover possible disruptions, there was usually thought to be no need to fall back on legal rights if the disruption materialized. It was made very clear to us that, besides there being a common acceptance of certain norms within the trade, there was a considerable degree of trust among firms. This was particularly so among smaller firms who obtained most of their orders locally and who frequently placed great trust in the fairness of one or two very large firms. No doubt belief in mutual fairness was reinforced by the considerable degree of personal contact between officers, usually in the business context but sometimes on social occasions. The firm's general reputation was also at stake. Not only did salesmen stress the need to have a good product and to stand behind it, buyers also emphasized the need to maintain a reputation for the firm as fair and efficient, and both said that any attempts to shelter behind contractual provisions or even frequent citation of contractual terms would destroy the firm's reputation very quickly. But even more important than the general reputation of the firm was the desire to do business again with the other party, or with other firms in the same group of companies* » (p. 47-48). Dans cette description, des éléments sont compatibles avec les types de relation que Williamson théorise

Nous avons trop d'indications sur le rôle des systèmes de réputation, des relations familiales, des relations d'amitié, des relations morales d'inspiration religieuse ou non pour négliger de les prendre en compte et de les théoriser. C'est cette position que défend avec brio Fukuyama dans son livre *Trust* :

*certain societies can save substantially on transaction costs because economic agents trust one another in their interactions and therefore can be more efficient than low-trust societies. This trust is not the consequence of rational calculation; it arises from sources like religion or ethical habit that have nothing to do with modernity*³⁹¹.

Granovetter rapproche l'une des solutions de Williamson, l'organisation hiérarchique, de celle de Hobbes³⁹² et souligne une faiblesse qui leur est commune. Faire porter le poids du respect des obligations sur les seules épaules d'une relation d'autorité c'est mettre en place les conditions d'une course aux moyens toujours plus astucieux de frauder et de tromper, d'une part, et de surveiller et de contrôler, d'autre part³⁹³. Avec Granovetter, on peut juger que Williamson surévalue l'efficacité des relations d'autorité hiérarchique dans le

mais d'autres leur sont extérieurs. Finalement, je citerai une dernière étude effectuée par un juriste qui confirme le rôle limité que joue le système légal dans les relations commerciales et qui met en valeur d'autres modes de renforcement des promesses : « *Nonlegal sanctions include conscience, the displeasure of family and friends, a reputation in the business community as someone who cannot be trusted, and the censure of coworkers for impeding the marketing of the company's products. Because of the limited deterrent effect of legal rules, the reasons that most promises, even in commercial bargains, are kept, probably have more to do with nonlegal than with legal sanctions* » Weintraub (1992, p. 7).

³⁹¹ Fukuyama (1995), p. 352.

³⁹² Granovetter (1985, p. 494) : « *The appeal to authority relations in order to tame opportunism constitutes a rediscovery of Hobbesian analysis* ».

³⁹³ Granovetter (1985, p. 489) : « *Malffeasance is there seen to be averted because clever institutional arrangements make it too costly to engage in [...] Note, however, that they do not produce trust but instead are a functional substitute for it [...] These conceptions are undersocialized in that they do not allow for the extent to which concrete personal relations and the obligations inherent in them discourage malffeasance, quite apart from institutional arrangements. Substituting these arrangements for trust results actually in a Hobbesian situation, in which any rational individual would be motivated to develop clever way to evade them; it is then hard to imagine that everyday economic life would not be poisoned by ever more ingenious attempts at deceit* ».

réglage économique des relations d'échange à l'intérieur de l'organisation³⁹⁴. Pour expliquer pourquoi les échanges sont tantôt intériorisés dans une organisation et tantôt effectués dans un marché, Granovetter propose de prendre en compte les conditions concrètes des marchés, qui ne sont jamais totalement vides de relations. Moins les marchés assurent la conservation des valeurs virtuelles, plus les échanges auraient tendance à être intégrés dans une organisation, qui serait un moyen de densifier les relations personnelles³⁹⁵. Plus de relations personnelles, cela peut vouloir dire, à la limite, plus de réciprocité d'ordre moral. La morale entendue comme le système de la mise en correspondance des échelles de valeur dans les relations entre intimes est une source importante de crédibilité pour les échangeurs organisationnels. Elle justifie des investissements massifs de leur part sans rétribution immédiate apparente. En fait, les échangeurs s'appuient alors sur un rapport de réciprocité morale avec l'entreprise. À mon avis, c'est ce que Simon appelait l'identification à l'entreprise dans *Administrative Behavior*, et qu'il nous présente toujours comme la grande force de l'entreprise par rapport au marché dans la plus récente édition de son livre *The Sciences of the Artificial*³⁹⁶. Sur ce plan, l'entreprise serait plus proche de la famille que du marché, parmi l'ensemble des formes de système d'échange possibles. L'importance de la famille comme noyau de départ dans le lancement des entreprises, malgré les effets négatifs du népotisme, trouve peut-être là son explication : la famille est déjà bâtie sur un rapport moral que l'entreprise familiale peut exploiter. Si l'entreprise se rapproche de la famille sur ce plan, elle s'en éloigne en ceci

³⁹⁴ Granovetter (1985, p. 499) : « *The other side of my critique is to argue that Williamson vastly overestimates the efficacy of hierarchical power ("fiat," in his terminology) within organizations* ».

³⁹⁵ Granovetter (1985, p. 503) : « *Other things being equal, for example, we should expect pressures toward vertical integration in a market where transacting firms lack a network of personal relations that connects them or where such a network eventuates in conflict, disorder, opportunism, or malfeasance. On the other hand, where a stable network of relations mediates complex transactions and generates standards of behavior between firms, such pressures should be absent* ».

³⁹⁶ Simon (1996), p. 41. Il juge l'identification à l'organisation plus importante que l'économie de coût de transaction. En réalité, l'un des effets importants de cette identification est probablement une économie de coût de transaction.

qu'elle y ajoute une composante plus ou moins importante d'organisation bureaucratique fondée sur un rapport de réciprocité d'ordre juridique.

Le rapport moral est le plus effectif quand les échangeurs peuvent entretenir des rapports étroits et effectuer une coordination fine de leur point de vue. Le rapport moral tel que défini ici est un rapport de personne à personne et ne peut être étendu intégralement qu'avec beaucoup de difficulté à un réseau d'échange comprenant plus que quelques dizaines de personnes. Agir en fonction des échelles de valeurs et des intérêts de centaines, de milliers ou de millions de personnes pose un problème à peu près insurmontable même si l'on postule l'existence d'un consensus universel sur les valeurs.

L'organisation bureaucratique repose sur un système normatif transpersonnel qui stabilise les valeurs d'échange dans le temps d'une façon plus sélective et plus restreinte que le système normatif interpersonnel de la morale. Il protège certains types d'investissement des échangeurs contre les dépréciations imprévisibles et contre les appropriations arbitraires de valeurs de la part des autres échangeurs internes, mais ne garantit pas la prise en compte de l'ensemble des échelles de valeur des échangeurs. Parce qu'elle ne repose pas sur un rapport de personne à personne, l'organisation bureaucratique permet la composition d'échanges indirects sur une plus grande échelle que ne le peut le seul rapport moral. Examinons un moment cette question.

Comme nous le verrons plus loin, nous pouvons considérer l'organisation comme un agent collectif qui équilibre le bilan des échanges que le constituent. Les individus et l'agent collectif effectuent des échanges qui prennent place dans la durée et dans l'espace, bien sûr. Il doit donc y avoir un système de conservation des valeurs faute de quoi celles-ci se disperseront, s'effriteront, se perdront, sans possibilité d'atteindre l'équilibre dans les échanges nécessaires au maintien de la structure des relations d'échange. C'est le rôle des systèmes de règles, ou de normes, d'assurer cette conservation, « la fonction essentielle de la

règle est de conserver les valeurs »³⁹⁷. Ce sont les règles bureaucratiques qui créent les réseaux d'échanges propres à l'organisation bureaucratique. Chacun des membres de l'organisation ne sera rétribué que si le système d'échanges se stabilise dans le temps. L'une des innovations sociales importantes des systèmes de règles bureaucratiques a été de remplacer les structures de personnes échangeant directement entre elles leurs valeurs, par des structures de « bureaux », ou de positions, auxquels sont déléguées par l'agent collectif les ressources nécessaires à la prise en charge de certaines responsabilités, comme l'explique Coleman :

*most complex authority structures are structures composed of positions rather than persons. It is the positions that possess delegated authority and other resources. The person occupying a position may use its resources to accomplish the goals that are also a property of the position [...] The transition from feudal society to corporate society involved the creation of an organizational structure composed of offices occupied by persons, in place of a structure composed of persons having (permanent) responsibilities and resources. This can be regarded as one of the most important social inventions in history [...] The importance of the fact that the structure of a complex authority system is composed of positions to which authority is delegated, rather than persons, lies in the structural stability this brings. Otherwise there would occur decomposition into a multilayered simple authority structure, with each level having full independent authority over the level immediately below it*³⁹⁸.

Les propriétés de l'agent collectif, et son existence, sont tributaires de l'intégrité du système d'échanges. Qu'un membre quitte le navire avec toutes

³⁹⁷Piaget (1977), p. 34.

³⁹⁸Coleman (1990), p. 170-171. Cette caractéristique peut sembler aller de soi, mais la discussion de Coleman montre que cet agencement propre à la bureaucratie est tout à fait

les ressources nécessaires à la prise en charge des responsabilités qui lui étaient attribuées, et c'est l'ensemble du système d'échanges qui pourrait s'écrouler, et détruire du même coup une partie des valeurs investies dans le réseau par tous les participants lorsqu'elles prennent la forme d'actifs spécialisés. La structure de positions permanentes plutôt que de personnes limite ce type de déraillement de la machine bureaucratique :

*the obligations and expectations, the goals and resources, exist apart from the individual occupants of positions [...] the necessity for these to remain associated with the position, the resources remaining the property of the corporate actor, is created by the impermanence of the employment relation. Otherwise, the resources used to establish the corporate actor are quickly dissipated, as the first employees leave and take them along*³⁹⁹.

L'adaptation de l'organisation aux réseaux d'échange externes est problématique pour les rapports bureaucratiques et moraux. Sur le plan des rapports moraux, les valeurs d'échange que l'entreprise obtient sur les marchés peuvent n'avoir aucun rapport avec la valeur que chaque échangeur interne attribue à sa propre contribution. Des échangeurs internes peuvent se donner corps et âme sans que l'entreprise n'en retire la moindre valeur d'échange sur les marchés. Où l'entreprise trouvera-t-elle alors les valeurs pour rembourser l'investissement des échangeurs internes ? Le même problème guette les rapports bureaucratiques. La stabilisation bureaucratique des valeurs d'échange internes a pour effet de limiter la possibilité d'ajuster étroitement la rétribution interne en fonction de la contribution à la création de valeurs d'échange externes, particulièrement lorsque celles-ci fluctuent. Cet ajustement étroit est le propre du marché, et non une caractéristique distinctive de l'entreprise. Celle-ci tend certes à effectuer cet ajustement, la

nouveaux dans l'histoire humaine, au cours de laquelle bien des modes d'échange ont été expérimentés.

³⁹⁹Coleman (1990), p. 427.

comptabilité de gestion est toute orientée vers cette tâche, mais ce ne peut être la logique exclusive dans l'entreprise, parce qu'alors rien ne la distinguerait plus du marché sur le plan du mode d'organisation des échanges. Le rapport moral est probablement supérieur au rapport bureaucratique sur le plan de l'ajustement aux réseaux d'échange externes, parce que l'identification à l'entreprise amènera les échangeurs internes à évaluer spontanément la situation du point de vue de l'entreprise et à réduire leurs attentes en fonction de cette évaluation. Le rapport strictement bureaucratique est beaucoup moins souple sur ce plan.

8.15 L'organisation en tant que système d'échange

En m'appuyant sur le travail de James Coleman, je voudrais maintenant discuter d'une propriété bien particulière de l'organisation. L'organisation permet de composer des échanges indirects d'une façon qu'est incapable de réaliser un marché, en contournant la condition de bénéfice mutuel qui règle en principe tout échange entre agents autonomes. Voyons cela de plus près. Avec Coleman, partons du troc, qui consiste, selon Piaget, en une transaction réglée par une « réciprocité vécue, ou intuitive [...] directement contrôlé par les intéressés et qui correspond ainsi à une perception immédiate des valeurs⁴⁰⁰ ». L'échange ne prendra place que si les échangeurs y perçoivent un bénéfice. La transaction n'est possible que sous la condition d'un bénéfice réciproque, et celui-ci exige la « complémentarité » des échelles de valeurs et des ressources possédées, comme nous l'avons vu précédemment. Ces conditions sont très sévères et limitent passablement les possibilités d'échange. La condition de bénéfice réciproque et de complémentarité des échelles de valeurs et des ressources possédées impose en fait une méthode de recherche « incrémentale » excessivement « prudente » qui ne permet pas d'explorer toutes les zones profitables dans l'espace de tous les échanges possibles. L'argent allège énormément ces conditions d'échange en éliminant la condition de complémentarité directe des échelles de valeurs et des ressources possédées. Elle permet la mise en place d'une méthode de recherche plus efficace :

Each trade in a market can be seen as moving the system toward a condition (one of many possible) in which no transaction that will make both parties better off remains to be done (a condition known as Pareto optimality). Each trade can be seen as a hill-climbing step. Pair-wise barter amounts to hill-climbing across a rough terrain with few available moves; trade in a system with currency and prices

⁴⁰⁰Piaget (1977), p. 122.

*amounts to hill-climbing across a smoother terrain with many available moves*⁴⁰¹.

Coleman appelle quant à lui « *reciprocal viability* » les conditions de réalisation du troc et « *independent viability* » les conditions de réalisation de l'échange par l'intermédiaire de l'argent, c'est-à-dire par l'intermédiaire de valeurs virtuelles hautement transférables⁴⁰². L'organisation est constituée par des réseaux d'échange dont les conditions de possibilité s'apparentent à celles qui prévalent dans un marché avec argent, c'est-à-dire que la condition de complémentarité est du type indirect plutôt que direct, et passe par la médiation de l'agent collectif qu'est l'organisation :

*In modern authority structures composed of positions in relation, reciprocal viability of each relation is not necessary. For example, the secretary-clerk has certain obligations to each supervisor, but a supervisor's obligations to the secretary-clerk need not balance those, nor is the imbalance compensated for by a residual credit balance of deference. Instead the imbalance is compensated for by the corporate actor, for each position in relation has certain obligations and expectations to the corporate actor. In effect, the modern corporate actor has come to constitute a third party in relations between its positions, eliminating necessity of reciprocal viability between them*⁴⁰³.

C'est avec l'agent collectif que chacun des membres de l'organisation négocie les conditions de l'échange plutôt qu'avec chacun des individus avec qui il interagit. Ainsi se trouve contournée une partie de l'obstacle lié à la condition de complémentarité directe imposée à chacun des échanges constituant l'organisation. L'autre partie de l'obstacle est levée par l'existence

⁴⁰¹ Miller et Drexler (1988), p. 62.

⁴⁰² Coleman (1990), p. 428.

⁴⁰³ Coleman (1990), p. 428.

des marchés et de l'argent, car grâce à eux l'agent collectif n'est pas obligé de trouver lui-même des ressources « complémentaires » pour effectuer ses échanges avec les individus qui le composent. Il lui suffit de les rétribuer d'abord sous forme monétaire.

L'élimination, par la constitution d'un agent collectif servant d'intermédiaire, de la condition de complémentarité directe des échelles de valeurs et des ressources possédées, laisse intacte la condition de bénéfice réciproque dans chaque action. Dans le cas des entreprises, cette condition de bénéfice réciproque correspond à la condition d'équilibre entre la contribution et la rétribution :

*The inducements to each employee must be of greater value to him than what he must give up to continue as an employee, and the employee's contributions must be of greater value to the firm than what the firm must give to him as inducements*⁴⁰⁴.

Cette condition stimule la mise sur pied de systèmes de mesure du rendement obtenu dans les échanges, ou la construction de systèmes d'échange dont le rendement peut être mesuré. Il me semble clair qu'un agent collectif doit posséder un minimum d'instruments de « perception » pour mesurer les valeurs échangées, mais cette mesure a elle-même un coût, des limites et des effets négatifs. Le rendement obtenu dans les échanges peut fluctuer et être plus ou moins incertain, ce qui pose le problème des règles de décision à appliquer en vue de maximiser le rendement obtenu dans chacun des échanges. Il y a peu de situation où des instruments de mesure permettent d'évaluer précisément le rendement de chacune des milliers d'actions que chacun des membres d'une organisation accomplit dans une journée. L'équilibre de la contribution et de la rétribution est obtenu par un échange global entre chaque individu et l'agent

⁴⁰⁴ Coleman (1990), p. 429.

collectif : on ne sait pas précisément ce que rapporte à l'agent collectif chacune de ces milliers d'action mais on sait que prises comme un tout, elles permettent d'obtenir un rendement donné. En réalité, même cette condition affaiblie de bénéfice mutuel est trop forte. Si les agents collectifs s'en tenaient strictement aux échanges globaux dont ils arrivent à mesurer et à maximiser le rendement, bien des possibilités de trouver et de conclure des échanges potentiellement profitables seraient éliminées. Les organisations fonctionnent souvent, ou en bonne partie, sur la base d'une simple condition de « viabilité globale », comme le remarque Coleman :

*What it implies is that each of the employees receives inducements of greater value to him than the time and effort he gives up—as in the case of independent viability—and the corporate actor receives contributions which taken together are of greater value to it than what it must give up in wages and benefits, thus maintaining its viability*⁴⁰⁵.

Ici, ce ne sont plus seulement les nombreuses actions d'un même individu qui ne sont pas mesurées individuellement mais globalement, c'est la contribution de nombreux individus et équipements en interaction qui est seulement mesurée comme un tout. On peut illustrer cette idée à l'aide du cas d'une équipe de cinq personnes travaillant à un même projet. Si l'on s'en remet seulement à la viabilité globale, on compare simplement les coûts totaux de fonctionnement de l'équipe avec les résultats que celle-ci obtient. On ne connaît pas la contribution réelle et exacte de chacune des personnes et de chacun des éléments d'équipement à ces résultats. Le prix qu'est prêt à payer l'agent collectif pour les services de ses membres n'est limité que par les résultats globaux. Rien ne nous assure qu'une individuation des contributions soit toujours possible, ni que le rendement d'ensemble soit toujours plus élevé dans les échanges où les contributions peuvent être mesurées individuellement ou même pour chaque interaction prise une à une.

⁴⁰⁵ Coleman (1990), p. 429.

Le problème que règle l'organisation est celui de la construction d'un système de relations d'échange indirectes dans lequel la condition de bénéfice mutuel entre échangeurs est contournée. En situation de transaction, chacun des échanges doit pouvoir s'équilibrer de lui-même : les échangeurs veulent accroître ou conserver dans chacune de leurs interactions la somme des valeurs d'échange dont ils ont la maîtrise. L'organisation effectue plutôt un équilibrage global : dans l'ensemble, les échangeurs jugent qu'ils reçoivent au total au moins autant de valeur d'échange qu'ils en cèdent ou qu'ils peuvent en obtenir ailleurs. Cet équilibrage global permet de mener des actions dont la valeur précise reste indéterminée (quelle contribution fait au succès d'une organisation un appui, un conseil ou une information ?) mais qui, une fois combinées les unes aux autres, apportent à l'organisation un bilan positif dans ses échanges dans les réseaux d'échange sociaux et économiques qui constituent son milieu.

8.16 Conclusion

Les réussites techniques et économiques sont possibles à condition que deux problèmes généraux et universels soient résolus. Il s'agit d'abord du problème de l'ignorance. Les réussites techniques et économiques sont nécessairement le fait de machines collectives de construction et d'utilisation de connaissances. Ces machines ne sont elles-mêmes possibles que si le problème de la coopération est au moins partiellement résolu. C'est ce problème que nous avons étudié dans ce chapitre et le précédent. La pensée gestionnaire a tendance à être centraliste. L'autorité centrale qui planifie et contrôle y est la principale solution au problème de la coopération et de l'ordre social. Dans ce chapitre, nous avons examiné l'hypothèse que les mécanismes qui rendent possible la coopération dans les échanges sont largement décentralisés et « spontanés ». La coopération repose en partie sur un tissu de relations et de normes bâti et entretenu au fil des interactions par les échangeurs. Les normes juridiques codifiées perdent le caractère planifié qu'elles ont dans la perspective de l'esprit

gestionnaire et deviennent une explicitation des normes quasi juridiques et morales non codifiées que les échangeurs ont bâties au jour le jour et au fil des générations pour assurer la conservation des valeurs virtuelles dans les échanges. Ces normes constituent des découvertes collectives résultant d'une somme formidable d'expérimentation sociale largement décentralisée. Les normes codifiées tireraient leur légitimité de ce qu'elles prennent leur source dans les normes non codifiées.

L'une des conséquences du caractère largement décentralisé et spontané des solutions aux problèmes de la coopération est qu'il n'est probablement pas possible d'importer et d'imposer de façon centrale et autoritaire des formes d'organisation de la coopération qui ont fait leurs preuves ailleurs.

Troisième partie

***Une conception sociocognitiviste des
compétences collectives et la mise en valeur
des mécanismes d'ajustements mutuels***

Chapitre 9

Autonomie et expérimentation sociotechnique

9.1 Les compétences collectives

La première partie de ma thèse, et plus particulièrement le chapitre 4, met de l'avant une théorie très générale de la compétence dans un monde de ressources rares et aux facettes indéfiniment variées. Elle suggère qu'un système finalisé sera capable d'atteindre d'autant plus de buts, et des buts d'autant plus éloignés de sa situation immédiate, qu'il mobilise des procédures plus spécialisées, bien adaptées à la tâche qu'elles doivent accomplir. De telles procédures permettent d'économiser des ressources rares, en particulier du temps, de l'énergie et des éléments de matière rares. C'est la connaissance qui permet cette économie. Les collectivités humaines aux compétences étendues sont nécessairement organisées en systèmes de construction, d'utilisation et de conservation de connaissances. Pour avoir de telles capacités, ces systèmes doivent favoriser les tâtonnements, l'expérimentation, l'exploration de nombreuses solutions concurrentes et complémentaires, dans tous les sous-espaces où des ressources rares peuvent être exploitées ou économisées. Ils doivent permettre la construction, l'utilisation et la conservation des connaissances spécialisées nécessaires à cette exploitation et à cette économie. Le présent chapitre et les suivants sont consacrés à l'étude de systèmes collectifs de construction et d'utilisation de connaissances. Dans cette étude, j'ai choisi de m'inspirer d'auteurs dont les œuvres sont déjà très proches de la perspective sociocognitiviste. Ces œuvres nous proposent plus ou moins explicitement la théorie de certaines compétences collectives, en mettant en relation des problèmes et des méthodes pour les résoudre. Elles ne négligent pas les analyses

procédurales et interprètent les processus sociaux à la lumière des méthodes de construction et d'utilisation de connaissances. Leurs arguments reposent à la fois sur une exposition des caractéristiques des problèmes que posent la construction et l'utilisation de connaissances, et sur une discussion des méthodes et machines sociales qui peuvent résoudre ou contourner ces problèmes.

Dans ce chapitre-ci, j'étudie une idée centrale dans la perspective sociocognitiviste, soit que seule une expérimentation poussée et continue permet aux systèmes sociotechniques de développer des compétences. Expérimenter, c'est essayer et comparer différents chemins. Deux ouvrages majeurs développent cette idée dans un esprit tout à fait sociocognitiviste : *The Constitution of Liberty* de Hayek et *How the West Grew Rich* de Rosenberg et Birdzell⁴⁰⁶. L'histoire de l'Occident des derniers siècles est importante parce qu'elle nous révèle une condition nécessaire de l'expérimentation sociotechnique : l'autonomie relative des sphères d'activités économiques et scientifiques par rapport aux sphères d'activités religieuses et politiques. Les méthodes de prise de décision politiques tendent généralement à favoriser les intérêts en place et le *statu quo*. Le développement des compétences sociotechniques nécessite plutôt la remise en question continue du *statu quo* en faveur de nouveaux arrangements globalement plus efficaces sur le plan de l'utilisation des ressources mais qui compromettent presque toujours des intérêts établis lorsqu'ils sont introduits. Comme nous allons le voir, c'est l'autonomie décisionnelle des individus et des groupes qui rend possible l'expérimentation et l'adoption des arrangements sociotechniques qu'elle permet de découvrir. L'autonomie signifie nécessairement la décentralisation. Les procédures d'expérimentation sociotechniques reposent sur des processus sociaux largement décentralisés, sur des ordres spontanés dont personne n'a fait la

⁴⁰⁶ Il faut également consulter Hayek (1973), Hayek (1976), Hayek (1979), Hayek (1988) et Rosenberg (1994). Étrangement, on ne trouve aucune référence aux écrits de Hayek dans Rosenberg et Birdzell (1986) ni dans Rosenberg (1994).

conception et dont personne ne dirige l'ensemble du fonctionnement. Dans le chapitre 6, nous avons commencé à examiner comment de telles machines décentralisées pouvaient manifester des compétences. Nous reprendrons cette question dans les chapitres suivants en étudiant le marché (chapitre 10) et la science (chapitre 11) en tant que machines sociales décentralisées de construction et d'utilisation de connaissances. L'intelligence que manifestent ces machines repose largement sur des mécanismes d'ajustements mutuels, qui deviennent ainsi un objet d'étude central dans la conception sociocognitiviste des compétences collectives.

9.2 Division du travail, expérimentation et compétences des systèmes sociotechniques

Suivant la méthode établie dans le chapitre 3, il convient de se questionner sur la nature des problèmes qu'ont eu à résoudre les machines sociales et sur les méthodes utilisées ou utilisables pour les résoudre.

Le problème premier des populations humaines est celui de l'exploitation et de l'économie des ressources rares dans un monde infiniment varié qui leur est très largement inconnu. C'est ce problème que résout bien la civilisation occidentale grâce à la division du travail et à une procédure d'exploration décentralisée fondée sur la liberté d'action d'individus et de groupes poursuivant leurs propres buts. Selon von Mises, la division du travail est une solution au problème que constitue « *the manifoldness of nature which makes the universe a complex of infinite varieties*⁴⁰⁷ ». Pour faire face à cette variété et pour accroître le rendement des actions dans le monde, il faut beaucoup d'individus, des individus différents qui, chacun, peuvent accomplir un travail

⁴⁰⁷ Von Mises (1949/1965), p. 158.

très productif à l'aide de procédures spécialisées⁴⁰⁸. La différenciation des compétences est bien le principe efficace de la division du travail :

*It is, then, not simply more men, but more different men, which brings an increase in productivity. Men have become powerful because they have become so different : new possibilities of specialisation – depending not so much on any increase in individual intelligence but on growing differentiation of individuals – provide the basis for a more successful use of the earth's resources*⁴⁰⁹.

La différenciation des compétences et de la localisation spatiale résulte d'un processus d'exploration multidirectionnelle. Toute compétence suppose une victoire remportée sur l'ignorance qui n'est possible que par la mise à l'épreuve de solutions variées. Les solutions ne peuvent être comparées à un absolu. Elles doivent être comparées entre elles. C'est le principe efficace que met en œuvre la compétition. Liberté d'action et compétition sont les composantes d'une procédure collective d'exploration des possibles, une procédure d'expérimentation et de découverte, selon Hayek :

Quite generally outside as inside the economic sphere, competition is a sensible procedure to employ only if we do not know beforehand who will do best [...] Competition is thus, like experimentation in science, first and foremost a discovery procedure [...] All we can hope to secure is a procedure that is on the whole likely to bring about a situation where more of the potentially useful objective facts will be taken into account than would be done in any other procedure which

⁴⁰⁸ Hayek (1988, p. 133) : « We have become civilised by the increase of our numbers just as civilisation made that increase possible: we can be few and savage, or many and civilised. If reduced to its population of ten thousand years ago, mankind could not preserve civilisation. Indeed, even if knowledge already gained were preserved in libraries, men could make little use of it without numbers sufficient to fill the jobs demanded for extensive specialisation and division of labour. All knowledge available in books would not save ten thousand people spared somewhere after an atomic holocaust from having to return to a life of hunters and gatherers ».

⁴⁰⁹ Hayek (1988), p. 123.

*we know [...] As is true of the results of scientific experimentation, we can judge the value of the results only by the conditions under which it was conducted, not by the results*⁴¹⁰.

Dans la civilisation occidentale actuelle, la tâche d'exploiter les ressources de notre planète est décomposée en millions de sous-espaces dans lesquels sont développées et appliquées des procédures spécialisées. Dans la plupart de ces sous-espaces, des dizaines, des centaines voire des milliers de solutions sont explorées en parallèle, et de façon décentralisée, par des individus et des groupes différents. Notre ignorance des procédures d'action les plus adéquates rend incontournable une telle exploration. Sans algorithmes déterministes pour atteindre nos buts, l'avenir est toujours en partie imprévisible⁴¹¹. L'imprévu peut surgir partout, dans chacun des millions de sous-espaces que nous exploitons et explorons⁴¹². Il n'y a pas de façon de faire face à une telle variété et à une telle quantité d'imprévus sans expérimentation, et il n'y a pas d'expérimentation sans autonomie, sans liberté d'action⁴¹³. L'ignorance et l'imprévu sont les conditions

⁴¹⁰ Hayek (1979), p. 68.

⁴¹¹ Rosenberg (1994, p. 92) : « *The essential feature of technological innovation is that it is an activity that is fraught with many uncertainties. This uncertainty, by which we mean an inability to predict the outcome of the search process, or to predetermine the most efficient path to some particular goal, has a very important implication: the activity cannot be planned. No person, or group of persons, is clever enough to plan the outcome of the search process, in the sense of identifying a particular innovation target and moving in a predetermined way to its realization—as one might read a road map and plan the most efficient route to a historical monument.* »

⁴¹² Les sous-espaces sont certes partiellement « quasi décomposables », mais le « partiellement » et le « quasi » sont importants : la décomposition n'est jamais totale et permanente. Il y a donc interaction et interférence entre les sous-espaces. Un imprévu apparaissant dans l'un des sous-espaces risque toujours de se répercuter ailleurs, sans compter que l'innovation vient souvent redessiner les frontières des sous-espaces.

⁴¹³ Rosenberg et Birdzell (1986, p. 29) : « *Uncertainty runs throughout the process of innovation. The outcome of invention is, by definition of invention, unpredictable. The cost of development is initially unknown, and so are the benefits [...]* The only known device for resolving the uncertainties surrounding any given innovation proposal is experiment, up to and including the manufacture and marketing of a product ». Rosenberg (1994, p. 88) : « *The freedom to conduct experiments is essential to any society that has a serious commitment to technological innovation or to improved productive efficiency. The starting point is that there are many things that cannot be known in advance or deduced from some set of first principles. Only the opportunity to try out alternatives, with respect both to technology and to form and size of organization, can produce socially useful answers to a bewildering array of questions that are continually occurring in industrial (and in industrializing) societies* ».

qui rendent l'autonomie et la compétition nécessaires au rendement des grandes machines sociales⁴¹⁴.

9.3 Expérimentation et autonomie

L'exploration permise par la liberté d'action et la compétition ne porte pas que sur des procédures d'interaction avec la matière, elle porte aussi sur les formes de coopération et d'organisation possibles. Tant qu'une organisation n'impose pas une solution unique par la voie de la coercition, c'est-à-dire par la transmission de valeurs négatives, différentes formes de coopération peuvent être explorées par des individus poursuivant leurs propres buts. Chaque organisation concrète est une solution particulière dont on ne peut évaluer la valeur *a priori*. Ne compter que sur une seule organisation, ou sur une seule forme d'organisation, c'est négliger les autres solutions possibles, qui ne seront jamais mises à l'épreuve⁴¹⁵.

La démocratie et la libre entreprise sont des procédures collectives permettant l'exploration de solutions diverses aux problèmes de la coopération. Comme l'écrit Cellérier : « la démocratie et la libre entreprise ont sans doute constitué à leur origine les formes sociales et économiques d'une stratégie multiplicatrice de la combinatoire sociogénétique des formes d'organisation

⁴¹⁴ Hayek (1960), p. 29 : « *Liberty is essential in order to leave room for the unforeseeable and unpredictable [...] It is because every individual knows so little and, in particular, because we rarely know which of us knows best that we trust the independent and competitive efforts of many to induce the emergence of what we shall want when we see it. Humiliating to human pride as it may be, we must recognize that the advance and even the preservation of civilization are dependent upon a maximum of opportunity for accident to happen* ».

⁴¹⁵ Sur l'importance de l'expérimentation dans les formes d'organisation, voir Rosenberg et Birdzell (1986). Hayek (1960, p. 37) soulève également cette question : « *Every organization is based on given knowledge; organizations means commitment to a particular aim and to particular methods, but even organization designed to increase knowledge will be effective only insofar as the knowledge and beliefs on which its design rests are true. And if any facts contradict the beliefs on which the structure of the organization is based, this will become evident only in its failure and supersession by a different type of organization. Organization is therefore likely to be beneficial and effective so long as it is voluntary and is imbedded in a free sphere and will either have to adjust itself to circumstances not taken into account in its conception or fail* ».

possibles⁴¹⁶ ». La procédure de construction de connaissances d'un agent collectif passe par la construction et la mise à l'épreuve de diverses formes de groupe et d'organisation de façon à découvrir lesquelles permettront le mieux d'accomplir les tâches qui sont leur raison d'être fonctionnelle. La compétition entre les organisations réalise ce test⁴¹⁷. La compétition stimule l'exploration des possibles, chacun ayant intérêt à tenter de se démarquer. En Occident, ce processus d'expérimentation a engendré une grande variété d'organisations en réponse à la grande variété des tâches à accomplir⁴¹⁸.

La procédure d'exploration et d'expérimentation ne peut fonctionner que si aucune organisation n'est en mesure de s'imposer par la force et qu'aucun gouvernement ne se voit attribuer un pouvoir illimité. On peut soulever pour cette raison des doutes vis-à-vis des propriétés exploratrices de la forme de démocratie qui fait de l'assemblée élue par une majorité de votants une autorité

⁴¹⁶ Cellérier (1992b), p. 257. On trouve chez Popper l'idée que les positions en philosophie politique découlent des théories plus ou moins implicites que l'on entretient sur la nature de la connaissance et sur la façon dont celle-ci est construite : « les idées, souvent inconscientes, qui sont les nôtres quant à une théorie de la connaissance et à ses problèmes essentiels (« Que pouvons-nous connaître ? » « Quelles sont nos certitudes ? »), conditionnent notre rapport à nous-mêmes et à la politique » (Popper, 1989, p. 159).

⁴¹⁷ Hayek (1960, p. 37) : « *Successful group relations also prove their effectiveness in competition among groups organized in different ways. The relevant distinction is not between individual and group action but between conditions, on the one hand, in which alternative ways based on different views or practices may be tried and conditions, on the other, in which one agency has the exclusive right and the power to prevent others from trying. It is only when such exclusive rights are conferred on the presumption of superior knowledge of particular individuals or groups that the process ceases to be experimental and beliefs that happen to be prevalent at a given time may become an obstacle to the advancement of knowledge. The argument for liberty is not an argument against organization, which is one of the most powerful means that human reason can employ, but an argument against all exclusive, privileged, monopolistic organization, against the use of coercion to prevent others from trying to do better* ».

⁴¹⁸ Rosenberg (1994, p. 99) : « *The historical outcome of this long-term freedom to conduct experiments which, as I have argued, has been the central feature of western capitalism, has been an economy characterized by a truly extraordinary pattern of organizational diversity. This diversity may usefully be thought of as the end result of a process of social evolution in which a wide range of organizational forms has been introduced, and in which firms have been allowed to grow to sizes that were influenced by underlying conditions of technology, location, market size, range of product, etc. The particular outcomes achieved with respect to firm size, pattern of ownership, product mix, etc., have been essentially determined by a market process in which the underlying conditions of different industries have generated patterns of survival reflecting their own special circumstances, not some a priori notion of a single best model to which they were expected to adhere* ».

souveraine au pouvoir illimité. Un tel pouvoir illimité incite des coalitions d'intérêts à se constituer et à faire pression pour figer les positions en s'appuyant sur la coercition, freinant ainsi les processus d'exploration activés par la liberté d'action et la compétition. La démocratie devient alors un système de marchandage entre des groupes d'intérêts organisés qui utilisent le pouvoir coercitif des gouvernements pour servir leurs fins propres⁴¹⁹. La forme de démocratie favorable aux processus d'expérimentation est celle qui s'inscrit dans une quête d'autonomie⁴²⁰. La « vision du monde » libérale, en tant qu'elle est l'expression d'une quête d'autonomie, se trouve étroitement associée aux machines d'exploration et d'expérimentation sociotechniques de l'Occident, ce

⁴¹⁹ Hayek (1979, p. 129) : « *What today we call democratic government serves, as a result of its construction, not the opinion of the majority but the varied interests of a conglomerate of pressure groups whose support the government must buy by the grant of special benefits, simply because it cannot retain its supporters when it refuses to give them something it has the power to give. The resulting progressive increase of discriminating coercion now threatens to strangle the growth of a civilization which rests on individual freedom* ». Cette idée que la souveraineté de la majorité doit être illimitée est le propre de ce que Popper, dans *The Open Society and its Enemies*, a appelé la « *theory of (unchecked) sovereignty* » qui stipule que « *political power is practically unchecked* » ou devrait l'être, et que la seule question à laquelle il reste à répondre est « *Who should rule ?* » (p. 121). C'est cette théorie que les démocrates libéraux ont critiquée, Locke en réaction à Hobbes, et Benjamin Constant en réaction à Rousseau, pour prendre deux exemples. Sur Constant, voir Pierre Manent, *Histoire intellectuelle du libéralisme*, Calman-Lévy, 1987. À la page 185, il cite un texte de Constant où celui-ci met en garde contre les dangers du principe de la souveraineté : « en même temps que l'on reconnaît les droits de cette volonté [générale], c'est-à-dire la souveraineté du peuple, il est nécessaire, il est urgent d'en bien concevoir la nature et d'en bien déterminer l'étendue [...] La reconnaissance abstraite de la souveraineté du peuple n'augmente en rien la somme de liberté des individus; et si l'on attribue à cette souveraineté une latitude qu'elle ne doit pas avoir, la liberté peut être perdue malgré ce principe... Lorsqu'on établit que la souveraineté du peuple est illimitée, on crée et l'on jette au hasard dans la société humaine un degré de pouvoir trop grand par lui-même, et qui est un mal, en quelques mains qu'on le place. Confiez-le à un seul, à plusieurs, à tous, vous le trouverez également un mal... Il y a des masses trop pesantes pour la main des hommes ».

⁴²⁰ Sur l'idée de démocratie dans l'esprit libéral, celui des droits naturels ou celui du contrat social, Lakoff (1996, p. 99) rappelle que « *The paramount concern of liberal democrats is therefore how to protect the rights of the individual from abridgment or interference by majorities or coercive social groups* ». Lakoff, qui défend la thèse que la démocratie est une quête d'autonomie individuelle et collective au sens kantien, soutient que l'idée de souveraineté de la majorité ne relève pas de cette conception de la démocratie : « *Democracy is therefore not simply a matter of popular government, direct and indirect, by the citizens of a given society. Without respect for human rights, popular government is not democracy in the modern sense of the term, because it does not aim at promoting autonomy in the individual as well as in the collectivity of citizens. Majorities unconstrained by respect for the rights of individuals and minorities can become as tyrannical toward dissidents as any dictator. Because it is an effort to promote autonomy, democracy requires respect for the right of individuals to govern themselves in their personal lives and their political life* » (Lakoff, 1996, p. 165-166).

qui en fait un objet d'étude privilégié d'une science des machines collectives de construction de connaissances. Démocratie et libéralisme économique sont deux manifestations des principes sous-jacents à cette même « vision du monde » et à cette même quête d'autonomie⁴²¹.

En quoi consiste cette autonomie et quelles sont ses conditions de réalisation ? Il s'agit d'abord de la capacité des individus à définir eux-mêmes leurs projets en fonction des possibilités qu'offre le milieu. L'autonomie ainsi définie mène au problème de la coopération dont j'ai traité dans les chapitres précédents. L'autonomie à l'intérieur d'une machine sociale doit être compatible avec au moins certaines formes de coopération. J'ai proposé que les rapports entre agents autonomes se comprenaient le mieux sous la forme de relations d'échange. Je vais maintenant suggérer que la forme de coopération compatible avec un maximum d'autonomie est celle qui favorise les échanges de valeurs positives et qui minimise les échanges de valeurs négatives, c'est-à-dire la coercition⁴²². À l'intérieur d'un système coopératif, la liberté d'action et l'autonomie sont maximales lorsqu'il y a confinement de tout pouvoir de

⁴²¹ Voir Baechler (1994a, p. 94-95) pour une défense de cette idée : « le capitalisme est la transcription économique de principes dont la transcription politique est la démocratie [...] La liberté d'initiative est inscrite analytiquement dans la définition même du citoyen, en tant que chaque citoyen est politiquement libre de définir son intérêt particulier comme il l'entend, du moment qu'il respecte les règles du jeu que sont les lois. Prendre une initiative, économique ou autre, n'est rien d'autre qu'une certaine manière d'ordonner son intérêt particulier, en imposant un certain ordre de priorité et d'urgence à ses différents intérêts singuliers. Interdire les initiatives aux citoyens, c'est les priver d'une liberté si fondamentale que l'interdit poussé à la limite reviendrait à les priver de la liberté d'agir et à les ravalier au statut de machines mues par des volontés extérieures ».

⁴²² Les éclaircissements de Hayek (1960, chapitre 1 : « *Liberty and Liberties* ») sur la conception de la liberté dans l'esprit libéral constituent une référence importante sur la conception de l'autonomie que je présente ici. Un extrait de Hayek (1960, p. 20-21) témoigne du rapprochement à faire entre coercition et échange de valeurs négatives : « *By "coercion" we mean such control of the environment or circumstances of a person by another person that, in order to avoid greater evil, he is forced to act not according to a coherent plan of his own but to serve the ends of another. Except in the sense of choosing the lesser evil in a situation forced on him by another, he is unable either to use his own intelligence or knowledge or to follow his own aims and beliefs. Coercion is evil precisely because it thus eliminates an individual as a thinking and valuing person and makes him a bare tool in the achievement of the ends of another* ». Une référence fondamentale sur les sociétés d'agents autonomes est l'ouvrage de Nozick (1974), *Anarchy, State, and Utopia*, que l'on peut voir comme un effort pour définir de façon systématique les caractéristiques d'une société viable dans laquelle l'autonomie sociale de ses membres serait maximale.

coercition à une autorité dont la tâche est de faire respecter l'interdiction de l'usage de la coercition⁴²³. C'est l'absence de coercition qui crée des « égaux » libres d'établir entre eux les relations qu'ils jugent bon d'établir, y compris des relations de subordination rationnelle. L'égalité dont il est question ici est un corollaire de l'autonomie et de l'absence de coercition. Tous sont égaux parce que tous sont autonomes, c'est-à-dire libres de toute coercition arbitraire de la part des autres. Là-dessus, il faut faire deux remarques. D'abord n'oublions pas que nous sommes en train de discuter de systèmes d'ordre spontané. Nous avons vu dans le chapitre 6 que de tels systèmes sont souvent dotés de robustesse et conservent une bonne part de leurs propriétés même s'il y a un certain nombre d'exceptions aux règles qui produisent l'ordre en question. En d'autres mots, même si la coercition n'était pas toujours totalement absente d'un tel système, et même si tous les agents n'étaient pas libres de toute coercition au même degré, un système d'ordre spontané fondé sur la minimisation de la coercition conserverait la plupart de ses propriétés. Remarquons également que l'absence de coercition ne signifie absolument pas l'absence de relations de pouvoir ni l'absence de hiérarchisation dans la portée des moyens dont chacun dispose. On peut illustrer la différence entre le pouvoir et la coercition à l'aide des schémas déjà présentés dans les figures 13 et 14 et reproduites ci-dessous dans les figures 17 et 18. Dans la figure 17, A bénéficie d'un grand pouvoir de négociation sur B et C. Il n'y a toutefois pas de coercition au fondement de ce pouvoir car il n'y a pas échange de valeurs négatives.

⁴²³ Hayek (1960, p. 21) : « *Coercion, however, cannot be altogether avoided because the only way to prevent it is by the threat of coercion. Free society has met this problem by conferring the monopoly of coercion on the state and by attempting to limit this power of the state to instances where it is required to prevent coercion by private persons* ».

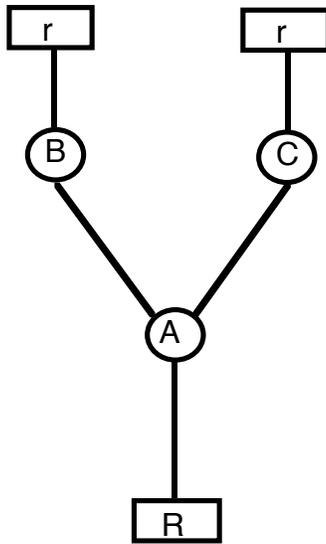


Figure 17.
La structure asymétrique 2

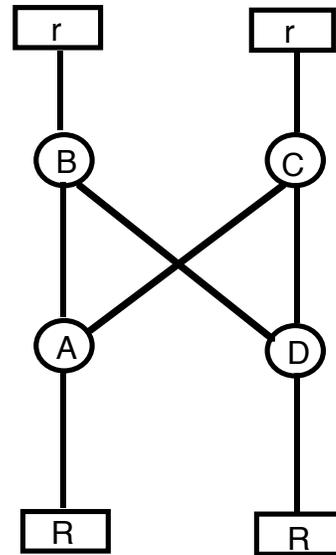


Figure 18.
La structure symétrique 2

Il y aurait transmission de valeurs négatives si B et C avaient les moyens de priver A de R, ou si A avait les moyens de priver B et C de r. L'échange pourrait prendre la forme suivante : « si tu ne me donnes pas 3 R, je détruis 5 de tes R »⁴²⁴. Que A refuse d'échanger des R avec B et C n'est pas un acte de coercition parce que B et C n'ont aucun droit sur R dans notre schéma. Pour A, refuser d'échanger avec B et C, c'est refuser de s'engager dans un échange de valeurs positives. Dans le schéma de la figure 17, le monopole dont bénéficie A est « naturel ». La position de négociation défavorable dans laquelle B et C se trouvent les stimulera à trouver un autre moyen d'avoir accès à R. L'échange avec D illustre un tel moyen. Le passage du schéma de la figure 17 à celui de la figure 18 implique une perte de pouvoir de négociation pour A et un gain pour B et C. A ne peut empêcher B, C et D d'échanger entre eux sans faire usage de coercition. Les relations de pouvoir non coercitives jouent un rôle clé dans la dynamique sociotechnique qui est animée par la volonté des agents autonomes de réduire le pouvoir de négociation des autres agents et d'augmenter le leur.

⁴²⁴ Coleman (1990) décrit ce type d'échange. Si B transmet à A la menace suivante : « si tu ne me donnes pas 3 R, je détruis 5 de tes R », A échange 3 R contre la levée de la menace de destruction de 5 R.

Aussi simple que soit cette situation, elle illustre certains des caractères fondamentaux de l'autonomie ou de la liberté compatibles avec la coopération : l'autonomie est la liberté de pouvoir décider de ses relations d'échange avec le milieu sans avoir à subir la coercition d'un autre agent, la coercition étant définie comme une situation d'échange de valeurs négatives entre deux agents.

En quoi l'autonomie ainsi définie est-elle une condition de l'expérimentation sociotechnique ? Sans pouvoir de coercition, aucun individu ni aucune organisation ne peut, pour préserver son pouvoir de négociation ou ses intérêts, empêcher quelqu'un d'autre de tenter de faire mieux et de proposer aux autres des échanges qu'ils pourront juger plus avantageux. L'autonomie ainsi définie nous permet de distinguer les situations où différentes pistes peuvent être explorées des situations où une seule piste est imposée par une autorité coercitive, seules les situations du premier type participant d'une démarche d'expérimentation sociotechnique⁴²⁵. Il y a peu de raison de croire qu'un pouvoir politique centralisé et absolu puisse permettre l'expérimentation sociotechnique. Un pouvoir politique centralisé, de par sa nature même, a toujours tendance à figer les conditions, sinon les contenus, des échanges en fonction des intérêts en place les mieux organisés, figeant ainsi de façon conservatrice les relations de pouvoir et empêchant le déploiement d'une dynamique sociogénétique et technogénétique orientée vers le développement de compétences de plus en plus étendues⁴²⁶. Les pouvoirs politiques ont à peu

⁴²⁵ Hayek (1960, p. 37) : « *The relevant distinction is [...] between conditions, on the one hand, in which alternative ways based on different views or practices may be tried and conditions, on the other, in which one agency has the exclusive right and the power to prevent others from trying. It is only when such exclusive rights are conferred on the presumption of superior knowledge of particular individuals or groups that the process ceases to be experimental and beliefs that happen to be prevalent at a given time may become an obstacle to the advancement of knowledge* ».

⁴²⁶ Baechler (1971, p. 129-130) a bien expliqué, à propos du développement du « capitalisme », quelques-unes des raisons qui expliquent qu'une autorité centrale aura tendance à s'opposer à l'autonomie des agents sur lesquels elle exerce son autorité. « *La croissance économique n'est possible que si toutes les opportunités de profit sont perçues et exploitées et cela n'est possible que si on laisse les hommes de profit s'activer librement. Or, il est impensable que l'État, quel qu'il soit, puisse se résigner à accorder de lui-même cette liberté. En effet, parmi beaucoup de raisons, deux me paraissent décisives. La première est que, comme déjà indiqué, tout pouvoir politique tend à réduire tout ce qui lui est extérieur, et qu'il faut des obstacles objectifs puissants*

près toujours eu tendance à mettre des « crans d'arrêts » aux possibilités d'échange pour préserver les relations de pouvoir existantes. Aussi, l'extension et l'intensification des échanges en Europe occidentale ont-elles été rendues possibles par l'absence d'un pouvoir politique central couvrant l'ensemble de l'aire culturelle et matérielle commune : « l'extension constante du marché, en étendue et en intensité, est issue de l'absence d'un ordre politique étendu à l'ensemble de l'Europe occidentale⁴²⁷ ». L'expérimentation sociotechnique caractéristique du « capitalisme » occidental n'a pris son envol que grâce à la conquête d'une importante marge de liberté d'action et d'échange vis-à-vis du pouvoir coercitif des autorités politiques et religieuses. Bien des innovations sociotechniques ont eu à faire face à de lourdes oppositions de la part de ceux dont elles compromettaient le pouvoir de négociation et les investissements⁴²⁸.

pour qu'il n'y parvienne pas. La seconde est que le libre jeu des forces économiques tend à provoquer des perturbations profondes dans le tissu social ; ces perturbations ne peuvent pas ne pas déclencher des réactions violentes de la part des groupes menacés dans leur position et leur style de vie ; le capitalisme est un ferment de rupture des équilibres, qu'un pouvoir politique craint toujours et s'efforce de dominer. Autrement dit, le degré de liberté accordé par un système aux activités économiques dépend de la limitation imposée au pouvoir politique » Rosenberg et Birdzell (1986, p. 265) soutiennent aussi l'idée qu'un pouvoir politique a tendance à défendre les intérêts établis au détriment de l'expérimentation sociotechnique parce que celle-ci menace constamment de rompre l'ordre établi : « The technological capability of a society is bound to be degraded if control of either scientific inquiry or innovation is located at points of political or religious authority that combine an interest in controlling the outcome of technological development with the power to restrict or direct experiment. In all well-ordered societies, political authority is dedicated to stability, security, and the status quo. It is thus singularly ill-qualified to direct or channel activity intended to produce instability, insecurity, and change ».

⁴²⁷ Cette thèse proposée par Baechler (1971, p. 120) est également celle défendue, à peu de chose près, par Rosenberg et Birdzell (1986). Ils écrivent, par exemple que : « In the light of the mercantilist practices discussed in the past section, it seem certain that the development of capitalism in the West owed a good deal to the fragmentation of Europe into a multitude of states and principalities. There was not one "Empire, Inc.," but a number of competing "Monarchies, Inc.," "Princes, Inc.," and "City-States, Inc." » (Rosenberg et Birdzell, 1986, p. 136). La compétition entre les centres de pouvoir politique a joué un grand rôle dans la liberté d'action obtenue par les marchands et dans l'atténuation des obstructions faites aux innovations technico-commerciales : « In the West, the individual centers of competing political power had a great deal to gain from introducing technological changes that promised commercial or industrial advantage and, hence, greater government revenues, and much to lose from allowing others to introduce them first. Once it was that one or another of these competing centers would always let the genie out of the bottle, the possibility of aligning political power with the economic status quo and against technological change more or less disappeared from the Western mind » (Rosenberg et Birdzell, 1986, p. 137).

⁴²⁸ C'est ce que soutiennent Rosenberg et Birdzell (1986, p. 30) : « Sometimes the success of an innovation means the end of an entire industry, entailing large capital losses as well as the loss to its employees of their human capital of training and experience. The opposition to innovation can be, and has been, very powerful ». Rosenberg et Birdzell (1986, p. 265) mentionnent

Les limites imposées au pouvoir politique, et au pouvoir de coercition en général, ont permis que ces oppositions ne se transforment pas en interdiction de toute expérimentation sociotechnique⁴²⁹.

L'autonomie dans les activités de production et d'échange est contrainte non seulement par les pouvoirs politiques étendus mais également par les normes morales et quasi juridiques en place. Nous avons vu dans le chapitre précédent que les normes morales, quasi juridiques (non codifiées) et juridiques (codifiées) conservaient toute leur importance dans le réglage des relations d'échange entre agents quasi autonomes. L'accroissement de l'autonomie n'est compatible avec l'idée de compétences collectives que si les principaux problèmes de coopération sont réglés. Les normes morales et juridiques peuvent être l'une des solutions à ces problèmes, mais elles peuvent également être un frein puissant aux échanges. En d'autres mots, dans l'ensemble des systèmes de normes possibles, il y en a de très nombreux qui défavorisent l'autonomie, l'expérimentation et l'extension des réseaux d'échange alors que d'autres, probablement beaucoup plus rares, les favorisent ou les génèrent sous la forme d'un ordre spontané. C'est là le principal thème qu'étudie magistralement Hayek dans les trois tomes de *Law, Legislation and Liberty*. La réciprocity normative d'ordre moral est certainement un frein à l'autonomie si on doit l'appliquer à toutes les relations d'échange dans lesquelles on s'engage. Devoir se situer du point de vue de l'échelle de valeurs de tous les échangeurs avec lesquels on entre en relation limite toute possibilité d'échange le moins

quelques exemples classiques d'opposition coercitive : « *Innovations were of course opposed, both informally and legislatively. Labor-saving machinery was sabotaged, early factories were burned, English legislation required someone with a red flag to walk ahead of the early automobiles* ».

⁴²⁹ C'est bien la thèse de Rosenberg et Birdzell (1986, p. 309) : « *It is not coincidental that the proliferation of modes of organization that is characteristic of Western capitalism developed alongside a high degree of autonomy of the economic sphere from political intervention. There seems to be a perverse incompatibility between political and economic criteria of organization. Many innovations that have passed economic tests successfully have been met by efforts to make them unlawful: the joint-stock company; the department store; the mail-order house; the chain store; the trusts; the integrated process enterprise; the branch bank; the conglomerate; the multinational corporation* ».

complexe, de même que la possibilité d'expérimenter dans ces relations. En effet, expérimenter, c'est tenter de trouver des échanges plus profitables, et c'est souvent infliger des pertes aux échangeurs avec lesquels on doit cesser d'échanger pour entrer en relation avec d'autres partenaires. Prendre en compte l'échelle de tous les échangeurs signifie probablement réduire de façon considérable les possibilités d'expérimentation. Aussi n'est-il pas surprenant de constater que la règle de réciprocité morale ait été habituellement limitée, dans l'Occident expérimentateur, aux relations entre intimes. Les relations d'échange plus impersonnelles, qui sont nécessaires aux processus d'expérimentation sociotechniques, sont réglées par des normes quasi juridiques ou juridiques qui évacuent une bonne partie des considérations que la réciprocité morale oblige à prendre en compte (les échelles de valeurs de tous les échangeurs). La dénonciation que fait Hayek de la manipulation des normes juridiques par les pouvoirs politiques porte en bonne partie sur le fait que l'on en vient à vouloir calquer les normes juridiques codifiées sur le contenu de la norme de la réciprocité d'ordre moral ou encore sur celui de normes de justice distributive plus ou moins « nobles⁴³⁰ ». Le risque est évidemment de ralentir et, à terme, de

⁴³⁰ Pour un exposé sur la transformation progressive du droit anglo-saxon en direction de la norme de réciprocité morale, il faut lire l'ouvrage monumental de Patrick Atiyah, *The Rise and Fall of Freedom of Contract*, Oxford University Press, 1979. Par normes de justice distributive moins « nobles », j'entends par exemple la norme d'égalité des conditions de vie, qui s'apparente à l'envie (« ce que je ne peux avoir ou être, personne ne devrait l'avoir ou l'être ». Voir Nozick, 1974, chap. 8). D'autres exemples de normes de justice distributive sont celle de la justice méritocratique, et la norme de l'égalité des chances. Voir Homans (1961, chapitre 12) pour l'étude d'une norme de type justice méritocratique dans les échanges. La grande majorité des normes de justice distributive ne sont pas compatibles avec l'autonomie et l'expérimentation sociotechnique lorsqu'elles sont appliquées à grande échelle. Une façon très efficace de réfléchir à la compatibilité des principes de justice distributive avec l'autonomie est de se poser la question à la façon de Nozick (1974) : est-ce que les actions volontaires d'agents quasi autonomes peuvent produire de façon stable un résultat conforme à un principe de justice distributive ? Nozick (1974, chap. 7 et 8) montre que ce n'est pas le cas et conclut que « *no end-state principle or distributional patterned principle of justice can be continuously realized without continuous interference with people's lives. Any favored pattern would be transformed into one unfavored by the principle, by people choosing to act in various ways; for example, by people exchanging goods and services with other people, or giving things to other people, things the transferrers are entitled to under the favored distributional pattern. To maintain a pattern one must either continually interfere to stop people from transferring resources as they wish to, or continually (or periodically) interfere to take from some persons resources that others for some reason chose to transfer to them* » (Nozick, 1974, p. 163). Dans une société d'agents autonomes, l'idée même de distribution n'a pas de sens : « *There is no central distribution, no person or group entitled to control all the resources, jointly deciding how they are to be doled*

détruire l'ordre spontané des processus d'expérimentation sociotechnique qui sont nécessaires non seulement à la construction de nouvelles compétences, mais également à la conservation des compétences existantes, comme nous le verrons dans le chapitre suivant. On voit donc que les pouvoirs politiques illimités ne menacent pas seulement l'autonomie parce que leur pouvoir de coercition est sollicité et marchandé pour servir des intérêts particuliers, mais également parce que ce pouvoir est sollicité pour tenter d'imposer le contenu de la morale des rapports intimes ou des principes de justice distributive aux rapports impersonnels. Je ne suis évidemment pas en train de dire que ces normes morales n'ont aucun rôle à jouer dans l'organisation des échanges. Au contraire, nous avons vu dans le précédent chapitre qu'elles pouvaient constituer des solutions au problème de coopération que soulève l'échange. Les transactions relativement impersonnelles nécessaires à l'expérimentation n'enlèvent pas toute pertinence aux relations plus personnelles qu'on trouve dans la famille, dans les réseaux d'amis, dans les réseaux d'affaires, dans les entreprises et même dans les rapports entre les citoyens et les gouvernements. Encore une fois, c'est la possibilité d'expérimentation qui nous intéresse ici, c'est-à-dire la liberté dont disposent les individus et les groupes d'établir entre eux divers types de relation de façon à mettre au point de bonnes solutions aux problèmes de la coopération dans les échanges. Pour que ce soit possible, aucune autorité suprême au pouvoir illimité ne doit pouvoir imposer de façon coercitive un type unique de relation ou un type unique d'organisation. L'expérimentation sur les normes morales est évidemment très éloignée d'une démarche délibérée. Elle est le produit d'un ordre spontané qui s'étend à l'échelle des civilisations.

out. What each person gets, he gets from others who give to him in exchange for something, or as a gift. In a free society, diverse persons control different resources, and new holdings arise out of the voluntary exchanges and actions of persons. There is no more a distributing or distribution of shares that there is a distributing of mates in a society in which persons choose whom they shall marry. The total result is the product of many individual decisions which the different individuals involved are entitled to make » Nozick (1974, p. 149-150). Hayek (1976) est également une référence fondamentale sur les rapports entre les normes de justice distributive ou « sociale » et les règles de justice d'une société expérimentatrice constituée d'agents autonomes. Voir également Kirzner (1989).

9.4 Expérimentation et civilisation

Hayek est l'un des auteurs qui a défendu avec le plus de vigueur l'importance des processus d'expérimentation parallèles et décentralisés dans la constitution de notre monde, y compris dans l'apparition de la civilisation occidentale⁴³¹. Pour lui, la construction de notre civilisation s'insère dans une longue histoire d'expérimentation sociale spontanée, c'est-à-dire non planifiée et non dirigée par une autorité centrale. Ce processus d'expérimentation est un ordre spontané, et non le produit de la conception et de la mise en œuvre d'une intelligence individuelle⁴³². Les « *habitual modes of conduct* » participent à la fonction de conservation des « connaissances ». Ils sont la manifestation du programme qui guide une collectivité donnée. Leur modification puis leur sélection sous la forme de la réussite de ceux qui les utilisent constituent un mécanisme de création et de mise à l'épreuve de nouvelles procédures, un mécanisme d'autoprogrammation. La civilisation occidentale est bien un processus collectif de construction et d'utilisation de connaissances, si l'on reconnaît que la connaissance ne se réduit pas aux théories que les individus peuvent formuler, ni même à leur savoir pratique :

The growth of knowledge and the growth of civilization are the same only if we interpret knowledge to include all the human adaptations to environment in which past experience has been incorporated. Not all knowledge in this sense is part of our intellect, nor is our intellect the whole of our knowledge. Our habits and skills, our emotional attitudes,

⁴³¹ Hayek (1960, 1973, 1976, 1979, 1988).

⁴³² Hayek (1988), p. 16 : « *The extended order did not of course arise all at once; the process lasted longer and produced a greater variety of forms than its eventual development into a world-wide civilisation might suggest (taking perhaps hundreds of thousands of years rather than five or six thousand); and the market order is comparatively late. The various structures, traditions, institutions and other components of this order arose gradually as variations of habitual modes of conduct were selected. Such new rules spread not because men understood that they were more effective, or could calculate that they would lead to expansion, but simply because they enabled those groups practising them to procreate more successfully and to include outsiders* ».

our tools, and our institutions—all are in this sense adaptations to past experience which have grown up by selective elimination of less suitable conduct ⁴³³.

Le processus d'expérimentation qui a créé notre monde a produit des connaissances et des compétences proprement collectives. Les outils de la coopération humaine tels que le langage et la morale en sont de bons exemples. L'organisation collective de la division du travail et de la coopération est un élément essentiel de l'adaptation des populations humaines à leur milieu⁴³⁴. Elle est un savoir-faire collectif : c'est une collectivité qui sait organiser une forme de coopération interindividuelle, pas un individu, et la réussite de la coopération est l'affaire d'une compétence collective car il faut être au moins deux pour réussir à coopérer.

Le processus d'expérimentation collectif s'est perfectionné lui-même. Pour obtenir une bonne capacité d'exploration, il ne suffit pas que différents individus, différents groupes, différentes populations humaines se lancent dans des voies d'exploration divergentes. Il doit y avoir une véritable coopération dans l'expérimentation et la compétition comme dans la reproduction sexuée : les découvertes effectuées dans chacune des pistes doivent pouvoir être combinées les unes aux autres pour multiplier le pouvoir de la procédure à construire des compétences. La compétition doit être une forme de coopération fondée sur l'expérimentation collective, avec coordination ou mise en commun des résultats. La civilisation occidentale a développé des mécanismes perfectionnés d'expérimentation collective, le marché et la science, qui tirent leur force de ce qu'ils mettent la compétition au service de la coopération⁴³⁵. Les

⁴³³ Hayek, (1960), p. 26.

⁴³⁴ Von Mises (1949/1965, p. 157) : « *The fundamental social phenomenon is the division of labor and its counterpart human cooperation* ».

⁴³⁵ Michael Polanyi (1951) fait ce rapprochement entre la science et le marché, deux systèmes d'ordre spontané fondés sur la liberté d'action des individus et l'ajustement mutuel. Voici comment il présente la parenté entre ces deux institutions : « *My argument for freedom in science bears a close resemblance to the classical doctrine of economic individualism. The scientists of the world are viewed as a team setting out to explore the existing openings for*

machines sociales de construction et d'utilisation de connaissances que j'étudie dans les deux chapitres suivants sont le marché et la science. Leur caractéristique commune est de faire reposer le travail de découverte sur des collectivités d'agents autonomes coordonnés par ajustement mutuel. Il ressort de cette étude l'hypothèse que l'ajustement mutuel est le principal moyen de coordination des machines sociales auto-organisatrices de construction et d'utilisation de connaissances.

discovery and it is claimed that their efforts will be efficiently co-ordinated if—and only if—each is left to follow his own inclinations. This statement is very similar to Adam Smith's claim with regard to a team of business men, drawing on the same market of productive resources for the purpose of satisfying different parts of the same system of demand. Their efforts—he said—would be co-ordinated, as by an invisible hand, to the most economical utilization of the available resources. These two systems of maximized utility are indeed based on similar principles; and more than that: they are only two examples of a whole set of parallel cases. There is wide range of such systems in nature exhibiting similar types of order [...] I think it will be simpler to refer to them as systems of spontaneous order » (p. 154). Don Lavoie, qui s'inspire à la fois de Hayek et de Polanyi, a fait une critique de l'idée de planification nationale en s'appuyant sur le rapprochement de la science et du marché comme mécanismes collectifs de construction de connaissances. Voir Lavoie (1985). Un passage parmi d'autres du livre de Lavoie donne une idée de ses arguments : « If the modern approach to the philosophy of science (elaborated in the appendix) is valid, then the actual process of scientific discovery and progress is analogous to the process by which alternative methods of production are selected through rivalrous competition in a market economy. Thus the context or social process through which knowledge is generated—both in economic activity and in science—is all-important; where access to the fruits of this process is completely blocked (as with comprehensive planning), both the progress of our knowledge and our ability to solve important intellectual and economic problems would eventually, if the policy were consistently pursued, grind to a halt. If knowledge is dependent upon the process or context from which it springs, then any partial interference with either of them (as with noncomprehensive planning) may, if significant and persistent enough, threaten to subvert that knowledge itself » (p. 6).

Chapitre 10

Une conception sociocognitiviste du marché

It is through the mutually adjusted efforts of many people that more knowledge is utilized than any one individual possesses or than it is possible to synthesize intellectually; and it is through such utilization of dispersed knowledge that achievements are made possible greater than any single mind can foresee. It is because freedom means the renunciation of direct control of individual efforts that a free society can make use of so much more knowledge than the mind of the wisest ruler could comprehend. Hayek (1960, p. 31).

10.1 Introduction

Sans connaissance, il n'y a pas de compétence possible. Nos compétences reposent sur une connaissance des tâches que nous réussissons. Collectivement, nous réussissons quotidiennement des milliards de tâches extrêmement difficiles, qui nécessitent beaucoup de connaissances à la fois abstraites et générales, concrètes et particulières. Plus encore, quand une personne ou une organisation réussit à accomplir une tâche, sa réussite repose toujours en grande partie sur les moyens qu'elle obtient des autres, ressources naturelles, machines et connaissances, par exemple. La réussite d'une tâche par un individu ou une organisation repose toujours en bonne partie sur le fait que d'autres individus ou organisations ont réussi à accomplir des portions de « sa » tâche ou des tâches complémentaires à la sienne. Lorsqu'un avion réussit à se déplacer d'une ville à l'autre, cette réussite doit être attribuée à des dizaines de milliers de personnes et d'organisations qui ont accompli des milliers de tâches complémentaires, certaines en parallèle, et d'autres en séquences qui peuvent remonter très loin dans le temps. Nous pouvons atteindre beaucoup de fins parce que des millions de personnes et d'organisations ont trouvé des moyens d'économiser des ressources rares dans la production des moyens qui

nous permettent d'accomplir nos tâches⁴³⁶. Celles-ci sont elles-mêmes des moyens que d'autres pourront utiliser pour accomplir d'autres tâches et atteindre d'autres fins. Nos compétences sont le produit d'un immense système de division et de coordination du travail. Ce système n'est pas statique. Il n'a pas été mis en place une fois pour toutes. Il s'est constitué progressivement, par expérimentation, et demeure en perpétuelle transformation. Dans ce chapitre, j'étudie quelques-unes des conditions de possibilité de son existence et de ses propriétés. Je soutiens la thèse qu'il n'a été ni conçu ni planifié. Il fonctionne sans plan d'ensemble, sans direction d'ensemble, sous la forme d'un ordre spontané. Je soutiens que ce système de division et de coordination du travail en développement continu ne peut être planifié sans qu'il y ait un appauvrissement important des compétences qu'il permet de développer et de mettre en action. Il ne peut être planifié et conserver ses propriétés parce qu'il repose sur une somme de connaissances qui ne peuvent en aucun cas être centralisées. Il ne peut être planifié et conserver ses propriétés parce qu'il tire celles-ci des processus continus de création de connaissances qu'il met en branle et qui dirigent sa réorganisation continue.

10.2 La planification centrale

La réflexion sur la planification centrale est très utile pour mettre au jour les conditions de possibilité des compétences reposant sur un vaste système de division et de coordination du travail en développement continu⁴³⁷. Essayons d'imaginer un planificateur central qui devrait établir à l'avance ce que les millions d'individus et d'organisations composant le système de division du travail doivent accomplir. Il faudrait, pour que cela soit possible, que ce

⁴³⁶ Hayek (1960, p. 25) : « *it is largely because civilization enables us constantly to profit from knowledge which we individually do not possess and because each individual's use of his particular knowledge may serve to assist others unknown to him in achieving their ends that men as members of civilized society can pursue their individuals ends so much more successfully than they could alone* ».

⁴³⁷ Comme je l'ai déjà souligné, sur le débat des années 20 et 30 à propos du dirigisme et de la planification centrale, voir le livre de Don Lavoie, *Rivalry and Central Planning : The Socialist Calculation Debate Reconsidered*, Cambridge University Press, 1985. Notez que le modèle de la planification centrale est appelé « bureaucratie mécaniste » (« Machine Bureaucracy ») par Mintzberg (1979).

planificateur détienne l'ensemble des connaissances de chacun des individus et de chacune des organisations et qu'il établisse à partir de ces connaissances ce que chacun devrait faire à tout moment pour assurer la réalisation et le développement des compétences collectives. Le planificateur devrait connaître l'ensemble des moyens existants à tout moment et décider à quels usages ils doivent être affectés de façon à permettre à chacun de contribuer au mieux à la réalisation des tâches que les autres exécutent⁴³⁸. Un tel planificateur peut-il être un individu unique ou un organisme ? Si l'ensemble des connaissances au fondement des moyens dont la collectivité dispose pouvait être synthétisé de façon extrêmement abstraite, ou qu'il y avait peu de connaissances concrètes à prendre en compte, peut-être que cette option serait envisageable, mais ce n'est pas le cas. Dans son célèbre article de 1945⁴³⁹, Hayek a été l'un des premiers à mettre en lumière la nature extrêmement concrète des connaissances en jeu, connaissances liées au temps et aux lieux de l'action. Les connaissances pertinentes sont irrémédiablement dispersées chez les millions d'individus et d'organisations dont les actions doivent être coordonnées, parce que ce sont en bonne partie des connaissances qui portent sur les situations toujours partiellement singulières, originales, uniques, et donc imprévisibles, auxquelles se trouvent confrontés ces individus et ces organisations. Recueillir et mettre en relation l'ensemble de ces connaissances changeantes constitue une tâche considérable dont l'ampleur augmente en fonction de la complexité de l'environnement et de la taille du système de division du travail.

Il y a de bonnes raisons de penser que l'ampleur de la tâche de coordination augmente exponentiellement avec le nombre d'agents à

⁴³⁸ Un aspect du problème proprement économique est celui de l'affectation des différents moyens à leur usage le plus profitable : « *The fact that there are different classes of means, that most of the means are better suited for the realization of some ends, less suited for the attainment of some other ends and absolutely useless for the production of a third group of ends, and that therefore the various means allow for various uses, set man the task of allocating them to those employments in which they can render the best service* » (von Mises, 1949/1965, p. 207).

⁴³⁹ Voir « *The Use of Knowledge in Society* », *American Economic Review*, XXXV, No 4, p. 519-530. Reproduit dans Hayek (1948).

coordonner, le nombre de ressources différentes et la complexité de l'environnement auquel ils sont confrontés. La tâche consiste en effet à mettre en relation ces agents pour vérifier s'il serait avantageux de combiner leurs actions et leurs ressources. Or le nombre de combinaisons possibles augmente exponentiellement avec le nombre d'agent à combiner. Quant à la variété des ressources et à la complexité de l'environnement, on pourrait les représenter par le nombre de variables que doit prendre en compte chaque agent dans ses actions pour les réussir, ou par le nombre d'embranchements possibles à tout moment dans l'espace de la tâche. La tâche de coordination d'ensemble revient alors non seulement à évaluer l'ensemble des combinaisons possibles entre les agents, mais également à évaluer ces mêmes combinaisons pour l'ensemble des embranchements possibles. Encore là, la progression est très rapide. Prenons le cas de trois agents en interaction et d'un embranchement par agent (correspondant au choix entre entrer en relation ou non). Le nombre de combinaisons à évaluer et à comparer est de 2^3 . Le nombre de combinaisons passe à 3^3 s'il y a trois actions possibles par agents, à 4^3 s'il y en a quatre et à 10^3 s'il y en a dix. La progression est fulgurante : $2^3 = 8$, $3^3 = 27$, $4^3 = 64$, $5^3 = 125$, et $10^3 = 1\ 000$. Si maintenant on passe de trois à quatre agents, dans l'hypothèse de dix actions possibles, on passe de $10^3 = 1\ 000$ à $10^4 = 10\ 000$ combinaisons. Avec cent agents et dix actions possibles, on se trouve à devoir évaluer 10^{100} combinaisons possibles. Avec un million d'agents, on doit évaluer $10^{1000000}$ combinaisons ! Évidemment, aucune machine ne peut venir à bout d'une telle tâche. Comment connaître et évaluer $10^{1000000}$ combinaisons ? On peut évidemment soupçonner que des connaissances sur l'espace de cette tâche devrait permettre de réduire l'ampleur de la tâche à accomplir. Si le travail de coordination peut être décomposé en sous-tâches relativement indépendantes les unes des autres, le nombre de combinaisons à évaluer peut diminuer radicalement par rapport à la situation où « tout peut être relié à tout ». Il n'en demeure pas moins que l'ampleur de la tâche de coordination progresse très rapidement avec le nombre d'agents et la complexité de l'environnement. On peut donc soupçonner que les méthodes les plus efficaces à grande échelle sont

justement celles qui sont les moins affectées par la taille et la complexité du système à coordonner. C'est exactement la situation que nous avons constaté dans le cas de l'algorithme de ramassage des copeaux par les termites dans le chapitre 6. La tâche ne devenait pas plus difficile pour notre machine décentralisée au fur et à mesure que l'on ajoutait des copeaux ou des termites. Si la tâche avait été planifiée par un planificateur central, il y aurait eu au contraire un accroissement exponentiel de la difficulté de la tâche. Si un planificateur peut facilement établir à l'avance les trajets et actions de quelques agents devant ramasser quelques copeaux dans un environnement connu, le faire pour des milliers de termites et des millions de copeaux imposerait un travail extraordinaire au planificateur. Ce que l'étude de cette machine nous apprend, c'est que certaines méthodes ou machines peuvent être très sensibles à l'échelle de la tâche à accomplir alors que d'autres peuvent y être relativement insensibles. Une machine peut offrir un bon rendement à petite échelle mais devenir totalement inefficace à grande échelle alors qu'une autre peut offrir un rendement moyen à petite échelle mais offrir le même rendement à grande échelle.

La tâche de coordination ne consiste pas seulement à comparer des combinaisons d'actions ou de ressources, mais également à réunir les informations nécessaires pour effectuer cette comparaison. Il faut savoir quelles sont les actions possibles, les actions nécessaires et les ressources disponibles dans l'ensemble du système de production. Hayek a montré que le problème de l'allocation des moyens aux fins était en grande partie un problème de connaissance. Dans un grand système de production, qui comprend des millions d'agents humains et non humains, personne n'est en mesure de connaître tous les moyens possibles, ni quelles fins ces moyens peuvent le mieux servir à tout moment. Les conditions qui font qu'un moyen peut servir mieux une fin qu'une autre, ou qu'une fin peut être mieux servie par un moyen qu'un autre, dépendent presque toujours de circonstances particulières, temporaires et locales. En d'autres mots, pour assurer une bonne allocation des moyens aux différentes

fins, il faut une somme colossale de connaissances concrètes au sens du chapitre 1, et de procédures spécialisées au sens du chapitre 3. C'est la nature de la tâche à accomplir qui rend impraticable la méthode proposée par les partisans du dirigisme économique, soit une coordination centralisée des actions dans le but d'affecter les moyens disponibles à tout moment aux usages qui peuvent rendre le plus de services⁴⁴⁰. Aucun planificateur ne peut réunir et utiliser les connaissances nécessaires pour établir un immense système de division et de coordination du travail en continu développement. À supposer que la connaissance des conditions concrètes de production et d'échange de millions d'individus et d'organisations puisse être assemblée dans un centre de planification, elle serait à peu près toujours désuète. Les conditions concrètes de l'action changent à tout instant de façon toujours partiellement imprévisible. La planification se heurte au mur de l'imprévisible et de l'inconnu. Ce n'est que grâce à de rapides actions correctrices et créatives de la part des millions d'individus impliqués dans le système de division du travail que la production des biens et services est possible. La stabilité est un produit des mécanismes de coordination et de régulation cybernétique décentralisés, et non une donnée première sur laquelle un planificateur central pourrait s'appuyer.

10.3 La division et la coordination bureaucratique du travail

J'ai soulevé l'hypothèse que la décomposition du travail en tâches relativement indépendantes pourrait, si elle était possible, rendre la coordination

⁴⁴⁰ Hayek (1976, p. 120) : « *in a centrally directed system [...] The responsibility for the use of his gifts and the usefulness of the results would rest entirely with the directing authority* ». Je ne me préoccupe pas ici de savoir si les « services rendus » par les ressources du système servent les fins propres aux agents puisque je me place dans l'hypothèse que ces agents sont purement balistiques et ne poursuivent que les fins dictées par le planificateur central. C'est la logique de la planification centrale que de réduire les agents subordonnés au planificateur à de purs exécutants balistiques. On peut évidemment douter de la possibilité d'imposer par la seule coercition à un ensemble d'agents quasi autonomes de se transformer en purs agents balistiques, mais ce n'est pas le problème que j'examine actuellement. Je me demande plutôt si dans l'idéal un système de planification centrale peut développer de grandes compétences dans l'exploitation des ressources rares d'un écosystème. S'il ne le peut pas, il importe beaucoup moins de répondre aux questions subsidiaires qu'un tel système ne manquerait pas de soulever.

plus facile. L'organisation bureaucratique repose sur une telle décomposition, comme nous le verrons dans le chapitre 12. Est-ce que ça signifie qu'on pourrait bâtir un système de division et de coordination du travail sous la forme d'une vaste organisation bureaucratique et hiérarchique ? La chose est peut-être possible à petite échelle et en situation de connaissance achevée, mais on peut douter que cela soit possible dès que l'échelle augmente et lorsque la connaissance de l'espace de la tâche est en développement. Lorsque l'échelle est grande et que l'ignorance est élevée, on peut douter qu'il soit possible de planifier adéquatement la décomposition de l'espace de la tâche. Examinons ces problèmes de plus près. Dans le passage suivant, Simon décrit bien ce qui fait, il me semble, la force de l'organisation bureaucratique :

*The loose horizontal coupling of the components of hierarchic systems permits each to operate dynamically in independence of the detail of the others; only the inputs it requires and the outputs it produces are relevant for the larger aspects of system behavior. In programming terms, it is permissible to improve the system by modifying any one of the subroutines, provided that the subroutine's inputs and outputs are not altered*⁴⁴¹.

La coordination d'un système d'action de ce type est facilité par le fait que « tout n'est pas relié à tout ». On peut améliorer assez facilement les sous-routines, mais on peut difficilement changer le système des relations entre sous-routines. Ce système de relations doit demeurer fixe sinon c'est l'ensemble du système de production qui est compromis. On voit mal comment un tel système pourrait évoluer et développer de nouvelles compétences. On voit mal comment un vaste système de division du travail peut être mis sur pied si les connaissances nécessaires à sa constitution ne sont pas disponibles avant même son entrée en fonctionnement. Comme explication des compétences collectives,

⁴⁴¹ Simon (1973), p. 254.

l'organisation bureaucratique a donc un défaut majeur : elle suppose déjà acquises les connaissances qui expliquent ces compétences. Il manque une propriété fondamentale à l'organisation bureaucratique : la capacité à expérimenter et à se perfectionner continuellement, la capacité à construire de nouvelles connaissances et compétences.

Un système de division du travail en développement doit constamment réallouer les ressources rares entre les différentes méthodes et activités de production. Il en est de même s'il doit fonctionner dans un environnement changeant et imprévisible. C'est cette tâche de réorganisation qu'une organisation bureaucratique ne peut faire efficacement. Polanyi a bien décrit les caractéristiques abstraites des tâches que peut accomplir une organisation bureaucratique :

*The task assigned to a centrally directed corporation must possess natural unity, in order that it may be successfully handled by one man at the top; it must be capable of subdivision in a series of successive stages, each resultant part once more forming a natural unit which can be assigned to one man as his particular job; and the co-ordination of these parts must be amenable to control by one person*⁴⁴².

Polanyi soutient que la tâche que doit accomplir un système économique industriel ne possède pas ces caractéristiques, mais est plutôt de type « polycentrique », c'est-à-dire qu'elle est constituée de « *closely co-ordinated, complex and flexible operations*⁴⁴³ ». La tâche de coordination d'un vaste système de division du travail peut être réalisée par une organisation bureaucratique si et seulement si le travail est découpé une fois pour toutes en unités relativement indépendantes. Cela suppose soit qu'on connaisse déjà tout ce qu'il y a à savoir sur les conditions de production, soit qu'on ne cherche pas à

⁴⁴² Polanyi (1951), p. 114.

⁴⁴³ Polanyi (1951), p. 114.

en savoir plus, ni à tenir compte des événements imprévus qui peuvent perturber la production et en affecter le rendement.

Dans un système de division du travail en développement, on ne peut pas tenir pour acquis le découpage de l'espace de la tâche sans compromettre l'expérimentation et la mise au point de nouvelles compétences. Il faut pouvoir établir quelles sont les conséquences d'un changement dans les conditions de production d'un produit ou d'un service sur les conditions de production d'un nombre indéfini d'autres produits et services⁴⁴⁴. On ne peut faire d'un système de division du travail en développement une composition de systèmes indépendants immuables, ni même de systèmes « quasi décomposables » stables au sens de Simon⁴⁴⁵. Il doit plutôt prendre la forme d'un ensemble de systèmes relativement interdépendants et de systèmes quasi décomposables en perpétuelle transformation. C'est pourquoi une organisation bureaucratique ne peut prendre en charge la construction et l'amélioration continue d'un système de division du travail comportant des millions d'individus et d'organisations. L'organisation bureaucratique peut être un formidable système d'utilisation de connaissances dédié à la réalisation de certains buts bien définis. À ce titre, nous lui consacrerons d'ailleurs une partie du chapitre 12. Elle n'en reste pas moins limitée par le fait qu'elle repose sur une machine de traitement de l'information hiérarchique quasi décomposable et qu'une telle machine n'est pas outillée pour coordonner des millions de procédures interdépendantes en

⁴⁴⁴ Hayek (1960, p. 28) : « *Every change in conditions will make necessary some change in the use of resources, in the direction and kind of human activities, in habits and practices. And each change in the actions of those affected in the first instance will require further adjustments that will gradually extend throughout the whole of society. Thus every change in a sense creates a "problem" for society, even though no single individual perceives it as such and it is gradually "solved" by the establishment of a new over-all adjustment* ». Polanyi (1951, p. 171) appelle « tâche polycentrique » une tâche où la modification d'un élément entraîne la nécessité d'ajuster un nombre indéfini d'autres éléments, dans le but de conserver l'« ordre polycentrique » qui lie chacun de ces éléments. Polanyi (1951) tente de démontrer qu'une tâche polycentrique de grande ampleur, comprenant beaucoup d'éléments reliés les uns aux autres, ne peut être accomplie par une organisation bureaucratique, mais nécessite un système d'ajustements mutuels.

⁴⁴⁵ Voir Simon (1996).

transformation constante. L'emprise de toute organisation bureaucratique doit être limitée et jamais absolue pour permettre découvertes et ajustements rapides.

10.4 Le marché en tant que procédure collective de découverte

Nous cherchons une machine capable de bâtir et de perfectionner un système de division du travail à grande échelle car il s'agit là d'une condition à l'existence de compétences collectives élaborées. Une telle machine doit être relativement insensible aux échelles de grandeur et de complexité de la tâche, contrairement à une machine composée d'un agent planificateur central et d'exécutants balistiques. La machine que nous cherchons doit pouvoir se construire et se perfectionner elle-même indéfiniment, contrairement à l'organisation bureaucratique dont le potentiel d'amélioration autonome demeure très limité.

Si un système de division du travail en perpétuelle construction ne peut reposer sur une planification centralisée, s'il ne peut être réalisé par une organisation bureaucratique, quel type de machine sociale peut donc lui donner jour ? Nous allons maintenant examiner l'idée que cette tâche peut être accomplie par un système largement décentralisé d'ajustements mutuels et d'exploration fondé sur des relations d'échange mutuellement avantageuses entre des agents quasi autonomes. Nous avons examiné dans les chapitres précédents plusieurs aspects des machines bâties sur ce principe de l'autonomie et de l'échange et, en particulier, plusieurs conditions de possibilité de ces machines. Nous allons maintenant nous pencher sur les processus et le fonctionnement de l'une de ces machines, le marché avec mécanisme de prix.

La constitution de compétences collectives sur la base d'un vaste système de division du travail nécessite de régler simultanément le problème de la coordination et le problème de l'ignorance. La planification centrale règle le problème de la coordination si, et seulement si, le problème de l'ignorance a été

réglé d'abord. Il faut que le planificateur dispose de toutes les connaissances nécessaires à la combinaison efficace de l'ensemble des moyens dont disposent les agents balistiques. L'organisation bureaucratique règle le problème de la coordination si, et seulement si, il est possible de décomposer le système de division du travail en une hiérarchie de sous-systèmes relativement indépendants, et si la connaissance nécessaire à cette décomposition existe et est disponible. Cette solution au problème de la coordination suppose que le problème de l'ignorance a été réglé au préalable dans ses grandes lignes, mais n'exige pas qu'un planificateur central dispose de l'ensemble de cette connaissance. L'organisation bureaucratique peut fonctionner de façon largement décentralisée à l'intérieur de balises prédéterminées. Le marché résout à la fois le problème de l'ignorance et celui de la coordination. Le marché dont il est question ici n'est pas celui de l'économie formelle néoclassique, avec ses modèles d'équilibre, de concurrence pure et parfaite, et d'information parfaite, qui néglige elle aussi le problème de l'ignorance, que l'économie formelle suppose réglé. C'est essentiellement dans l'École autrichienne de von Mises, de Hayek et de Kirzner que nous trouvons une étude des processus de construction de connaissances dans le marché⁴⁴⁶.

Le problème de l'ignorance consiste dans le fait que personne ne sait ce que peuvent produire chacune des innombrables combinaisons et transformations possibles des ressources maîtrisées par des millions d'individus,

⁴⁴⁶ C'est Hayek qui a mis en lumière la conception du marché en tant que processus de découverte, implicite dans la conception du marché et du rôle de la fonction entrepreneuriale chez von Mises. Elle a été approfondie par un étudiant de von Mises, Israel M. Kirzner. Voir von Mises (1949/1965, les chapitres 14, 15 et 16). Voir l'article de Hayek intitulé « The Meaning of Competition » dans Hayek (1948). Voir surtout « Competition as a Discovery Procedure » dans Hayek (1978, p. 179-190), de même que Hayek (1979, chapitre 15). On trouve les développements apportés par Kirzner à l'idée du marché comme processus de découverte dans Kirzner (1973, 1979, 1985, 1989, 1997). Voir Kirzner (1997) pour une présentation synthétique de la théorie autrichienne des processus du marché et de la tâche que ces processus accomplissent. En fait, il existe une autre branche de l'économie qui prend ses distances par rapport aux modèles d'équilibre et de connaissances parfaites et qui étudie le marché en tant que processus de construction de connaissances. Il s'agit de l'étude économique du développement technique telle qu'on la trouve, par exemple, dans les écrits de Richard Nelson et dans ceux de Nathan Rosenberg.

ni les fins que peuvent le mieux servir ces ressources. Ces ressources elles-mêmes ne sont pas connues et doivent être découvertes grâce à un processus d'expérimentation. Personne ne peut établir tout ce qui peut être utile, ni quand, ni où, à des millions d'individus différents dans le cadre de leurs activités propres et dans leur situation propre⁴⁴⁷. Dans les ensembles d'agents quasi autonomes, ce problème se transpose en un autre problème que le marché permet de résoudre. Cet autre problème est celui de l'ignorance des échanges potentiels mutuellement avantageux⁴⁴⁸. Les échanges mutuellement les plus avantageux sont ceux qui permettent de bénéficier de toutes les économies rendues possibles par l'échange⁴⁴⁹. Le problème de la réalisation des échanges mutuellement avantageux est, en effet, à un certain degré isomorphe au problème de l'usage le plus économique des ressources disponibles dans l'ensemble du système de division du travail. Il suffit donc, en principe, de trouver ces échanges pour que le problème de coordination soit réglé. C'est dans la résolution de ce problème que le marché se démarque. Alors que la planification centrale et l'organisation bureaucratique n'assurent la coordination des actions que si les connaissances nécessaires sont disponibles au préalable, le marché tend à améliorer la coordination quel que soit le degré d'ignorance initial, car il est constitué de processus d'exploration et de découverte des échanges mutuellement avantageux.

Parce que personne ne sait d'avance et de façon définitive ce qui peut avoir de la valeur, pour qui, où, quand et pour combien de temps, seul un

⁴⁴⁷ Hayek (1978, p. 181) : « *But which goods are scarce goods, or which things are goods, and how scarce or valuable they are—these are precisely the things which competition has to discover* ».

⁴⁴⁸ Dans un ensemble d'agents respectant la règle de la réciprocité d'ordre moral, le problème prendrait une forme légèrement différente : l'ignorance de la façon de satisfaire au mieux tous les autres agents selon leur échelle de valeurs. La difficulté de ce problème augmente avec la taille de l'ensemble des agents pris en compte.

⁴⁴⁹ Il y a donc fort à parier que les compétences collectives qui se développent de cette façon sont génériques : dans les domaines des transports, des communications, de l'énergie, de l'informatique, des ressources minérales, du biomédical, par exemple. Un planificateur central et une organisation bureaucratique auraient besoin de développer sensiblement les mêmes compétences génériques, quelles que soient les fins ultimes qu'ils poursuivraient.

processus par lequel de nouveaux essais de production et d'échange sont constamment tentés et comparés entre eux permet la construction progressive et l'entretien d'un système de division du travail et d'échanges qui implique des millions d'individus et d'organisations⁴⁵⁰. C'est le processus de découverte entrepreneurial fondé sur la compétition qui permet de construire progressivement cette connaissance des échanges mutuellement avantageux, de façon décentralisée⁴⁵¹. Toute production et tout échange a un caractère exploratoire et temporaire. Dans un tel contexte, rien n'assure qu'une production ou un échange mutuellement avantageux aujourd'hui le sera encore demain, contrairement aux présupposés de l'organisation bureaucratique⁴⁵². Les processus du marché ne sont pas en équilibre, c'est-à-dire qu'il existe toujours un certain nombre d'« erreurs » dans les relations d'échange parce que tous les

⁴⁵⁰ Von Mises (1949/1965, p. 704) : « *The entrepreneurs and capitalists do not have advance assurance about whether their plans are the most appropriate solution for the allocation of factors of production to the various branches of industry. It is only later experience that shows them after the event whether they were right or wrong in their enterprises and investments. The method they apply is the method of trial and error* ». Si une entreprise n'arrive pas à vendre plus cher que ce qu'il lui en coûte, elle est condamnée à terme. C'est le calcul économique qui permet aux individus et aux organisations de voir leur position dans les processus du marché et d'orienter leurs efforts de telle façon que leurs essais ne se fassent pas totalement au hasard mais soient éclairés par les prix et les calculs qu'ils permettent : « *If one wants to call entrepreneurial action an application of the method of trial and error, one must not forget that the correct solution is easily recognizable as such; it is the emergence of a surplus of proceeds over costs. Profits tells the entrepreneur that the consumers approve his ventures; loss, that they disapprove* » (von Mises, 1949/1965, p. 704-705).

⁴⁵¹ Hayek (1978, p. 188) : « *competition is important as a process of exploration in which prospectors search for unused opportunities that, when discovered, can also be used by others* ». Hayek (1976, p. 117) : « *It is one of the chief tasks of competition to show which plans are false* ». Sur l'importance de la découverte de nouveaux échanges mutuellement avantageux parce qu'ils permettent une économie de ressources : « *the effects of new and more favourable opportunities for exchanging which appear for particular individuals are for society as a whole as beneficial as the discovery of new or hitherto unknown material resources. The parties to the new exchange transaction will now be able to satisfy their needs by the expenditure of a smaller part of their resources, and what they thereby save can be used to provide additional services to others* » Hayek (1976, p. 122).

⁴⁵² Hayek (1978, p. 181) : « *the benefits of particular facts, whose usefulness competition in the market discovers, are in a great measure transitory* ». Von Mises (1949/1965, p. 394) : « *Changes in the market data can frustrate every endeavor to perpetuate a source of income. Industrial equipment becomes obsolete if demand changes or if it is superseded by something better. Land becomes useless if more fertile soil is made accessible in sufficient quantities. Expertness and skill for the performance of special kinds of work lose their remunerativeness when new fashions or new methods of production narrow the opportunity for their employment* ».

échanges mutuellement avantageux ne sont pas connus⁴⁵³. Certains échangeurs payent trop, et d'autres ne reçoivent pas assez, par rapport à ce qui serait possible si toutes les occasions d'échange mutuellement avantageux étaient connues. Le résultat est que des échanges avantageux ne sont pas effectués et restent à découvrir et à établir.

En principe, la tâche de coordination est du même ordre de grandeur dans le cas du marché que dans celui du planificateur central. La différence est que le marché est une machine beaucoup moins sensible à la taille du problème de coordination à résoudre parce que chacun des agents dont il faut coordonner les actions contribue lui-même au travail de coordination, et parce que la quantité d'informations nécessaires à ce travail n'augmente pas exponentiellement avec le nombre d'agents à coordonner et la complexité de l'environnement. Chaque agent supplémentaire contribue à l'effort de coordination en s'ajustant de lui-même aux autres, en cherchant à réaliser les échanges les plus avantageux pour lui. Tout échangeur supplémentaire accroît la puissance de calcul du marché. La principale information qu'utilisent les échangeurs porte sur les taux auxquels les autres s'échangent biens et services, c'est-à-dire les prix. C'est d'abord et avant tout par le mécanisme de prix que chacun des millions de décideurs est informé de la valeur pour les autres, et des coûts, de chacun des usages qu'il peut faire des ressources dont il a la maîtrise. Les prix en argent renseignent sur les échanges mutuellement avantageux dans lesquels s'engagent et pourraient s'engager les millions d'individus et d'organisations qui réalisent

⁴⁵³ Kirzner (1973, p. 69) explique bien cette idée dans le passage suivant : « *A state of market disequilibrium is characterized by widespread ignorance. Market participants are unaware of the real opportunities for beneficial exchange which are available to them in the market. The result of this state of ignorance is that countless opportunities are passed up. For each product, as well as for each resource, opportunities for mutually beneficial exchange among potential buyers and sellers are missed. The potential sellers are unaware that sufficiently eager buyers are waiting, who might make it worth while to sell. Potential buyers are unaware that sufficiently eager sellers are waiting, who might make it attractive for them to buy* ». L'École autrichienne de von Mises, Hayek et Kirzner a développé une analyse des processus d'équilibration dans un marché fondamentalement déséquilibré, c'est-à-dire où toutes les occasions avantageuses de production et d'échange n'ont pas été saisies parce qu'elles ne sont pas connues mais doivent être découvertes, sans compter qu'elles sont relativement imprévisibles et toujours provisoires, ce qui implique la nécessité d'ajustements continuels.

le vaste système de division du travail sur lequel repose notre civilisation. Ils renseignent sur les méthodes les plus économiques compte tenu des circonstances dans lesquelles prennent place chacune des activités de production du système de division du travail, et compte tenu des projets et échelles de valorisation des consommateurs. Les prix peuvent communiquer rapidement à un nombre illimité d'agents les informations pertinentes pour la réalisation d'échanges multilatéraux avantageux⁴⁵⁴.

Les prix ne sont pas importants seulement parce qu'ils renseignent sur les meilleurs échanges possibles connus, mais également parce qu'ils permettent de détecter les « erreurs » de coordination, parce qu'ils permettent aux processus entrepreneuriaux de découvrir de nouvelles possibilités d'échange encore plus avantageuses⁴⁵⁵. Les prix signalent l'existence de possibilités d'échanges mutuellement avantageux. Ils n'indiquent pas quels sont les meilleurs échanges

⁴⁵⁴ Hayek (1952/1953, p. 162) : « C'est précisément la fonction qu'accomplissent les divers « marchés ». Chacune de leurs parties ne connaîtra certes qu'un faible secteur seulement de toutes les sources d'offre possibles, ou de tous les usages d'une marchandise ; pourtant ces parties sont si étroitement liées entre elles, directement ou indirectement, que les prix enregistrent des résultats nets significatifs de tous les changements affectant la demande et l'offre. C'est, entre tous ceux qui s'intéressent à une marchandise particulière, comme un instrument de communication de l'information convenable sous une forme abrégée et condensée ; c'est ainsi que l'on doit considérer les prix si on veut comprendre leur fonction. Ils servent à utiliser les connaissances de nombreuses personnes sans qu'il soit d'abord besoin de les rassembler dans un seul organisme ; ils permettent de combiner la décentralisation et le mutuel ajustement des décisions que l'on trouve dans un système concurrentiel ». Hayek (1978, p. 181) : « *Utilisation of knowledge widely dispersed in a society with extensive division of labour cannot rest on individual knowing all the particular uses to which well-known things in their individual environment might be put. Prices direct their attention to what is worth finding out about market offers for various things and services* ».

⁴⁵⁵ Kirzner (1989, p. 92) : « *It is sometimes asserted that market prices communicate information, that market prices serves as "signals" guiding independently made decisions into a coordinated pattern. Merely by taking existing market prices as references points, it is possible for decision makers to rest assured that their independently made acts of purchase and sale dovetail substantially with the decisions being made by others. There is much validity in this assertion. But my contention that market process is the ceaseless generation of information flows made up of countless discoveries by entrepreneurial market participants goes beyond the assertion that market prices constitute a coordinated network of signals. It is one thing to imagine a system of coordinated prices signals already in place. It is a quite different thing to see the market process as continually modifying the pattern of prices in the possible direction of greater coordination. It is the latter modification process — a process of spontaneous learning — that I am describing as being made up of acts of entrepreneurial discovery. And I am asserting that if market prices are, at any time, able to serve as reasonably useful signals*

possibles dans l'absolu, mais seulement les meilleurs échanges connus. Ils peuvent remplir ce rôle parce que les processus entrepreneuriaux antérieurs ont mis au jour ces possibilités d'échange, parce qu'ils ont construit la connaissance de l'existence de ces échanges possibles. Les processus entrepreneuriaux de découverte corrigent et améliorent continuellement la coordination des décisions en mettant au jour les erreurs transmises par les prix. Ils révèlent que d'autres combinaisons de ressources peuvent être plus avantageuses que celles reflétées dans les prix. Une fois ces nouvelles combinaisons « découvertes » et exploitées, elles sont prises en compte sous la forme de nouveaux prix dans un nombre indéterminé d'échanges.

Le processus de découverte et de coordination du marché n'exige en rien la réalisation de la situation de concurrence pure et parfaite et d'information parfaite. Il n'exige que le libre-échange, la possibilité pour les agents d'échanger avec qui il leur semble profitable d'échanger. Il n'exige que l'autonomie au sens où nous l'avons définie dans les chapitres antérieurs, avec la condition de minimisation de la coercition et divers mécanismes pour assurer la coopération dans les échanges. Ce processus est un ordre spontané et présente les caractères de ces phénomènes. En particulier, il est robuste, c'est-à-dire que ses performances ne se dégradent pas radicalement mais seulement progressivement si certaines de ses conditions d'existence ne sont que partiellement atteintes. Si la liberté d'échange est restreinte par coercition, le processus continuera à mettre au jour des échanges plus avantageux, mais à l'intérieur des limites posées à la liberté d'échange.

guiding independently-made decisions into a coordinate pattern, we must understand this as reflecting the prior course of this modification process of spontaneous learning and discovery ».

Chapitre 11

Une conception sociocognitiviste de la science

11.1 Introduction

À quoi ressemblerait une véritable conception sociocognitiviste de la science ? Dans *La science en action*, Latour nous met sur la piste : « Comme les sciences cognitives avec lesquelles elle se trouve de nombreux points communs, la sociologie des sciences a transformé la pensée en une pratique collective, distribuée et située⁴⁵⁶ ». Dans une conception sociocognitiviste, la science serait une pratique collective et décentralisée. Cette conception de la science prendrait sa source dans les sciences de la cognition ou alors pourrait être l'objet d'une relecture à la lumière de celles-ci. Cette conception devrait mettre au premier plan les idées de tâches collectivement accomplies, d'algorithmes et d'heuristiques collectivement mis en action, et de processus d'interaction réalisant cette mise en action. La sociologie des sciences contribue à mettre au jour ces processus d'interaction, même si elle n'y voit pas toujours la mise en action de méthodes collectives de construction de connaissances⁴⁵⁷. L'extrait suivant, tiré du livre *About Science* de Barry Barnes, décrit assez bien la conception de la science que met en valeur la perspective sociocognitiviste :

Practically every single move in the game of research is played over again and again, in the first instance by the particular researcher, and subsequently by his peers. Because of this, single, one-off, individual judgements have little long-term effect. What matters is

⁴⁵⁶ Latour (1995, p. 14). Malgré ce rapprochement de principe, Latour ne s'inspire malheureusement pas le moins du monde des sciences de la cognition dans ses travaux !

⁴⁵⁷ Richard Whitley est un des auteurs en sociologie des sciences à aborder la science comme un travail collectif. Voir Whitley (1984). Barnes (1985, chapitre 2) présente également une étude de la science en tant que machine sociale de production de connaissances.

*the tendency for a series of judgements to stabilize upon a specific outcome. This outcome will be the one devoid of error and idiosyncrasy, the one which reflects the collectively accepted standards of the scientific community and a generally agreed view of how they apply to the case in question. Error prone individuals systematically organized and coupled together in their professional activities make a highly reliable, far less error prone, knowledge producing machine*⁴⁵⁸.

Trouve-t-on ailleurs que dans la sociologie des sciences une conception de la science qui fait reposer celle-ci sur des processus d'interaction, et qui voit dans ces processus la réalisation d'une méthode permettant l'accomplissement d'une tâche ? Dans un ouvrage publié en 1996, *Scientific Knowledge, A Sociological Analysis*, Barnes, Bloor et Henry soutiennent qu'avant les années 60, avant Kuhn et à l'exception de Merton en fait, on se faisait une conception individualiste de la science : « *Scientific knowledge was conventionally understood as the accumulated product of the actions of independent rational individuals*⁴⁵⁹ ». Heureusement pour nous et notre base documentaire, cette affirmation n'est pas fondée. Dans les années 30 et 40, Karl Popper, Jean Piaget et Michael Polanyi ont transféré les compétences attribuées aux scientifiques individuels à une collectivité d'individus en interaction⁴⁶⁰. Contrairement à bien des sociologues des sciences, ces auteurs ont travaillé en ayant en tête une théorie de la tâche de construction de connaissances. Ils ont ainsi pu regarder les communautés humaines comme des machines de construction de connaissances en interprétant les processus d'interaction comme les procédures de machines collectives, seules capables de réaliser la tâche associée à la science. Plus précisément, Popper, Polanyi et Piaget ont construit, chacun de son côté, les

⁴⁵⁸ Barnes (1985), p. 42-43.

⁴⁵⁹ Barnes, Bloor et Henry (1996), p. 111.

⁴⁶⁰ Popper (1943/1966), *The Open Society and Its Enemies*, Princeton University Press ; Popper (1988) *Misère de l'historicisme*, Presses Pocket ; Piaget (1947), *La psychologie de l'intelligence*, Armand Collin ; Piaget (1977), *Études sociologiques*, Librairie Droz, Genève ; Polanyi (1951), *The Logic of Liberty*, Routledge and Kegan Paul.

bases d'une conception de la science en tant que machine collective de construction de connaissances fondée sur la coordination par ajustements mutuels.

11.2 La théorie de la connaissance de Popper

La théorie de la connaissance de Popper s'insère très naturellement dans la perspective d'une science des systèmes compétents fondée sur les sciences de la cognition⁴⁶¹. La théorie de la connaissance de Popper définit une tâche et un algorithme qui permet d'accomplir celle-ci. Elle retrace la présence de cet algorithme dans les activités de tous les sujets constructeurs de connaissances.

En termes épistémologiques, la théorie de la connaissance de Popper est une prise en compte de la nécessité de l'activité du sujet connaissant dans la création de la connaissance⁴⁶². L'activité du sujet reflète la nécessité de mobiliser des méthodes sous forme de processus pour réussir la tâche de construction de connaissances. Cette activité du sujet prend chez Popper la forme d'une résolution de problèmes par essais et erreurs qu'il appelle conjectures et réfutations. Les essais sont des questions posées au monde. Sans questions, il ne peut y avoir de réponses compréhensibles. Le sens des questions peut être représenté de la façon suivante : « est-ce une erreur de croire que...? ». Quant aux réponses, elles ne sont jamais définitives, notamment parce que les questions ne peuvent être adressées qu'à une infime portion de l'univers. Pour Popper, le tâtonnement par essais et erreurs est l'heuristique fondamentale de toute recherche dans la mesure où découvrir du nouveau consiste par définition

⁴⁶¹ Peut-être est-il bon de souligner que je ne retiens de Popper que deux idées : celle de la science comme machine collective décentralisée et celle qui affirme la centralité de la procédure de tâtonnement par essais et erreurs dans la construction de connaissance. Le rejet de toute forme d'induction et le réfutationnisme poppérien constituent des positions excessives qui reposent sur des propositions implicites discutables comme Boudon (1990, chapitre 4) en a fait une démonstration brillante.

⁴⁶² Popper écrit (1990, p. 66) : « Il n'y a pas d'association, il n'y a pas de réflexe, il n'y a pas de réflexe conditionné. Il n'y a que l'activité — la recherche active de lois — et l'élaboration de théories. Et puis il y a la sélection des théories. Telle est, en gros, ma théorie de la connaissance ».

à aller au-delà de ce que l'on sait, au-delà des balises du savoir antérieur. Dans un monde sans balises, le sujet connaissant marche à l'aveugle. Cela ne signifie pas que le tâtonnement reparte toujours du zéro absolu. La création de connaissance nouvelle commence là où s'arrête la connaissance antérieure. Des premières bactéries à l'humain, la connaissance se crée par la modification de « théories » initiales et par leur mise à l'épreuve. Ces théories constituent la matière de base qui sera étendue, transformée, différenciée ou rejetée par le processus de recherche.

Chez les bactéries et les êtres inférieurs, la mise à l'épreuve porte souvent sur l'ensemble de l'organisme, c'est la survie ou la mort. Mais dès la bactérie, le test, ou la mise à l'épreuve, est en partie intériorisé. La fonction d'évaluation du test est en partie prise en charge par des mécanismes internes propres à l'organisme⁴⁶³. L'autonomisation par rapport au milieu commence à ce moment. Le tâtonnement s'organise alors en mécanisme de régulation homéostatique de correction après coup des erreurs. La paramécie effectue des mouvements locomoteurs aléatoires. Si ses mouvements la transportent dans un milieu qu'elle juge hostile (en vertu d'une fonction d'évaluation intériorisée) ses mouvements s'accélèrent. Si, au contraire, elle juge le milieu favorable, ses mouvements ralentissent jusqu'à s'arrêter. Chaque mouvement ou chaque séquence de mouvements constitue une hypothèse sur la direction à prendre, une question posée au monde et à soi : « est-ce une erreur d'aller dans cette direction...? ». La fonction d'évaluation intériorisée anticipe et remplace en partie le test ultime pour juger de la valeur des directions choisies. Le milieu auquel l'essai doit être adapté est donc en partie interne. Le découplage relatif de la paramécie par rapport à son milieu lui permet de faire des erreurs et de les corriger, de prendre des risques pour chercher un monde meilleur⁴⁶⁴. Ce sont les

⁴⁶³ Popper (1972, p. 242) : « *Error-elimination may proceed either by the complete elimination of unsuccessful forms (the killing-off of unsuccessful forms by natural selection) or by the (tentative) evolution of controls which modify or suppress unsuccessful organs, or forms of behavior, or hypotheses* ».

⁴⁶⁴ Popper, Lorenz *et al.* (1990, p. 20) : « *La vie cherche un monde meilleur. Chaque être vivant pris isolément cherche un monde meilleur ou cherche tout au moins à s'arrêter ou à ralentir son*

fonctions d'évaluation intériorisées qui stimulent la recherche d'un monde meilleur. Dans son vocabulaire plus aride, Piaget a appelé équilibration majorante cette recherche d'un mieux.

La recherche par la locomotion demeure toujours très risquée. Elle est source de nombreuses erreurs irréversibles, comme celle de s'exposer à un prédateur aux aguets. Les organismes vivants ont inventé, par tâtonnement, des moyens moins risqués, comme les sens qui alimentent un puissant modèle anticipatoire du milieu, modèle lui-même construit par essais et erreurs au fil de l'évolution biologique et de l'apprentissage. Le tâtonnement se fait alors en partie dans l'espace virtuel créé par le modèle anticipatoire, et non plus uniquement dans l'espace réel. L'exploration d'une représentation du milieu grâce à la vue, l'ouïe et l'odorat se substitue à l'exploration locomotrice. Les fonctions d'évaluation et le milieu de l'action sont dès lors en grande partie intériorisés. L'apparition du langage et de la pensée consciente s'inscrivent de la même façon dans la quête de moyens de résolution de problème de plus en plus puissants, de plus en plus souples et de plus en plus intériorisés, c'est-à-dire de plus en plus découplés du milieu de l'organisme. La science s'inscrit également dans cette quête : « Tous les organismes posent et résolvent constamment des problèmes ; c'est pourquoi la science ne représente à vrai dire qu'un prolongement de l'activité des organismes inférieurs⁴⁶⁵ ». Le langage est le support d'un espace représentationnel collectif dans lequel peut prendre place tout un univers de théories sur lesquelles peuvent agir les méthodes de diagnostic et d'intervention de la pensée consciente individuelle. Ces méthodes sont des façons perfectionnées de construire et de tester les théories et de demander : « est-ce une erreur de croire que...? ». La science s'appuie sur ces moyens :

déplacement là où le monde est meilleur. Et cela va de l'amibe jusqu'à nous. Notre désir, notre espoir, notre utopie sont toujours la découverte d'un monde idéal ».

⁴⁶⁵ Popper, Lorenz et al. (1990), p. 64.

*Il y a cependant une grande différence entre l'amibe et Einstein, c'est qu'Einstein est critique à l'égard de ses propres solutions. Et il ne le peut que grâce au langage, parce qu'il existe un langage humain dans lequel nous pouvons formuler les solutions de nos problèmes. Ce faisant nous les transportons à l'extérieur de notre corps. Tout comme tant d'autres outils que nous avons inventés... nous pouvons formuler verbalement nos théories. Et puis nous pouvons les critiquer. Cette critique rend précisément possible la science*⁴⁶⁶.

Avec le langage, l'intériorisation du milieu et des fonctions d'évaluation devient considérable. L'intérieur en question est celui du sujet collectif constitué par la collectivité humaine et ses artefacts.

11.3 La science

La théorie de la connaissance de Popper est antiempiriciste. Il n'est donc pas surprenant qu'il ait consacré beaucoup d'effort à réfuter l'empiricisme épistémologique dans ses écrits sur la science. Il met de l'avant l'activité nécessaire du sujet connaissant pour réfuter les thèses empiricistes. Il souligne l'incapacité de l'induction à offrir un fondement à la connaissance. En fait, elle n'a pas de fondement possible. La science ne peut se distinguer des autres activités de création de connaissances que par la place qu'elle accorde à une critique rigoureuse rendue possible par le caractère explicite et public de ses théories. La science ne peut se démarquer que par ses efforts pour rendre ses théories testables. Tant que les fonctions d'évaluation sont en bonne partie externes (dans la réussite pratique), la question de la testabilité ne s'impose pas avec beaucoup de force. Il y a certainement des resquilleurs (des *free riders*) dans les systèmes de connaissances pratiques, c'est-à-dire des théories inutiles, ou même fausses, mais qui réussissent à éviter les tests en s'imbriquant dans des théories utiles. Mais ces resquilleurs ne sont pas nécessairement nuisibles. On

⁴⁶⁶ Popper, Lorenz et al. (1990), p. 64.

peut même penser que, au contraire, ils forment une réserve de matière première pour l'élaboration de nouvelles théories. Avec l'intériorisation de plus en plus poussée des tests, la testabilité devient un véritable problème. Les tests externes deviennent de plus en plus distants et leur pouvoir régulateur s'estompe. Les tests internes doivent prendre le relais, mais construire une fonction d'évaluation est déjà un problème important. Selon Popper, en principe, on ne peut pas savoir si l'on a atteint la vérité, mais l'on peut par contre se rendre compte du fait qu'on ne l'a pas atteint, d'où l'idée de la recherche de la réfutation comme moyen d'éviter le resquillage « théorique ». Une théorie qui serait à l'abri de tout test et de toute critique ne pourrait nous faire progresser. Comme les propositions de Popper s'appuient sur une théorie de la compétence à construire des connaissances, elles ont souvent un caractère normatif⁴⁶⁷.

Popper discute de la logique de la critique des hypothèses, la logique des tests à leur imposer, plutôt que des moyens pour inventer des hypothèses. Tout ce que dit Popper de l'invention des hypothèses, c'est qu'elle procède par essais et erreurs, ou qu'au mieux elle est équivalente à un tâtonnement par essais et erreurs parce qu'il ne peut y avoir d'algorithme déterministe de construction de connaissances. Un algorithme déterministe supposerait une connaissance préalable de la connaissance à construire, ce qui en montre l'impossibilité. Ce qui se cache dans l'inconnu ne peut être atteint à coup sûr parce que l'on ne sait pas où il se trouve dans l'espace des possibles. L'algorithme de recherche que nous propose Popper est donc stochastique.

⁴⁶⁷ Popper, Lorenz et al. (1990, p. 72) : « *Formule ta thèse le plus précisément possible ! C'est une règle normative, non pas une description de l'histoire des sciences, mais un conseil au savant pour améliorer la position de la science. Dès que tu peux être critique, sois-le ! Bien sûr, livre-toi à des expériences critiques et montre-toi bien entendu critique à l'égard de tes expériences... Et l'attitude critique suppose aussi que l'on essaie toujours de pousser les choses jusqu'à une éventuelle réfutation* ».

11.4 Examen critique

Popper met l'accent sur le tâtonnement par essais et correction des erreurs comme méthode de recherche. En mettant l'accent sur le tâtonnement, Popper laisse en arrière-plan le rôle organisateur de la connaissance préalable à toute recherche. Il insiste bien sûr le fait que toute création de connaissance repose sur la modification de connaissances antérieures mais va-t-il beaucoup plus loin ? Doit-on et peut-on aller plus loin ? Je pense que l'on doit pousser aussi loin que possible notre compréhension de la sélectivité du générateur d'hypothèses. En intelligence artificielle, on démontre facilement que le tâtonnement aléatoire n'est à peu près jamais une méthode efficace, et que le générateur de solutions doit incorporer les résultats des tests antérieurs sous forme de sélectivité pour arriver à quelque chose. Popper serait bien d'accord, il me semble, avec cette position, lui qui écrit que « *The progress of science consists in trials, in the elimination of errors, and in further trials guided by the experience acquired in the course of previous trials and errors*⁴⁶⁸ ». Mais comment donc se fait ce guidage ? La question est-elle sans intérêt parce que ce guidage ne relèverait pas d'une stricte logique déductive ? Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3, le tâtonnement aléatoire et l'algorithme déterministe sont les deux pôles extrêmes d'un continuum riche en méthodes intermédiaires. Ces méthodes intermédiaires sont des heuristiques (mises en action par des algorithmes) et peuvent très bien faire appel à des procédures d'induction. Quant au tâtonnement par essais et erreurs, il ne permet pas seulement d'éliminer les erreurs. Un essai réussi met sur la piste des bonnes solutions⁴⁶⁹. Si la probabilité qu'un essai réussisse est beaucoup plus faible que celle qu'il échoue, ce qui est le cas lorsqu'on explore un territoire inconnu, alors on apprend beaucoup plus d'une réussite que d'un échec. L'échec nous tient très loin des éléments de solution alors qu'une réussite

⁴⁶⁸ Popper (1972), p. 359.

⁴⁶⁹ Comme Popper, Lorenz (1973/1975) soutient que la procédure darwinienne de tâtonnement par essais et erreurs construit des connaissances, mais considère qu'on apprend autant de ses réussites que de ses échecs. Popper affirme qu'il s'agit là du seul désaccord qu'il a avec Lorenz. Voir Popper, Lorenz et al. (1990).

nous apporte des pistes prometteuses à explorer. Les méthodes heuristiques jouent un rôle considérable dans la construction de connaissances. On ne peut pas se permettre de ne pas les théoriser. Contrairement à Popper, Piaget a fait des travaux importants pour montrer comment la connaissance préalable guide la construction de toute nouvelle connaissance. Pour lui, « *le tâtonnement n'est donc jamais pur, mais ne constitue que la marge d'accommodation active compatible avec les coordinations assimilatrices qui constituent l'essentiel de l'intelligence*⁴⁷⁰ ». Selon lui, le développement de la science est marqué profondément par les activités du sujet, ce qui se reflète d'abord dans la façon par laquelle la connaissance antérieure guide la construction de la connaissance nouvelle⁴⁷¹.

11.5 La science ouverte

Selon Popper, la construction de connaissances nécessite donc toujours la construction et la mise à l'épreuve de nombreuses hypothèses. C'est la méthode de résolution de problèmes par essais et erreurs. Les processus qui mettent en action cette méthode dans la science sont des processus d'interaction sociale. Dans les institutions de la science, la construction et la mise à l'épreuve des hypothèses prend la forme de la liberté de pensée, de la concurrence entre les défenseurs de chaque hypothèse, du caractère public des hypothèses avancées et de leur critique (c'est-à-dire mise à l'épreuve). L'objectivité scientifique est une intersubjectivité, une subjectivité collectivement organisée qui ne repose sur aucune autorité souveraine et absolue⁴⁷². L'absence d'une autorité suprême se manifeste par la liberté de critiquer les hypothèses des autres, d'avancer ses propres hypothèses, et de participer ainsi à la constitution de l'intersubjectivité

⁴⁷⁰ Piaget (1947), p. 114.

⁴⁷¹ Voir Piaget et Garcia (1983).

⁴⁷² Popper (1943/1966, vol. 2, p. 217) : « *science and scientific objectivity do not (and cannot) result from the attempts of an individual scientist to be 'objective', but from the friendly-hostile co-operation of many scientists. Scientific objectivity can be described as the inter-subjectivity of scientific method* ».

commune⁴⁷³. Les institutions qui règlent la concurrence par la constitution de cette intersubjectivité sont apparentées aux institutions du système juridique⁴⁷⁴. Les hypothèses doivent être défendues devant jury par des avocats. Il faut également un public plus large, capable d'une certaine évaluation du travail des uns et des autres⁴⁷⁵. L'obligation de défendre une hypothèse devant jury oblige à parler un langage commun, à faire appel à des observations et à des expériences partagées ou accessibles à tous, à éviter les malentendus, les erreurs d'interprétation⁴⁷⁶. Tout comme Hayek nous dit que la rationalité économique des individus est, lorsqu'elle existe, autant sinon plus le produit du système économique que sa cause, de même Popper soutient que l'objectivité que

⁴⁷³ Popper (1943/1966, vol. 2, p. 218) décrit ainsi cette première caractéristique de la méthode scientifique, qui n'est pas tant une méthode de travail individuel qu'une technique sociale : « *First, there is something approaching free criticism. A scientist offer his theory with the full conviction that it is unassailable. But this will not impress his fellow-scientists and competitors ; rather it challenges them : they know that the scientific attitude means criticizing everything, and they are little deterred even by authorities* ». La position de Popper, comme celle de Piaget que nous allons voir plus loin, est évidemment proche du rationalisme kantien tel qu'il apparaît, par exemple, dans l'extrait suivant, tiré d'une note de la préface à la première édition de la *Critique de la raison pure* : « Notre siècle est le siècle propre de la critique, à laquelle tout doit se soumettre. La religion, par sa sainteté, et la législation, par sa majesté, veulent ordinairement s'y soustraire. Mais alors elles excitent contre elles un juste soupçon, et ne peuvent prétendre à ce respect sincère que la raison accorde seulement à ce qui a pu soutenir son libre et public examen ». La référence dans l'édition de l'Académie de Berlin est AXII, tome IV page 9. L'édition utilisée ici est celle publiée sous la direction de Fernand Alquié chez Gallimard, 1980, p. 33.

⁴⁷⁴ Popper (1988, p. 194-195) : « La science, et plus spécialement le progrès scientifique, est le résultat non pas d'efforts isolés mais de la libre concurrence de la pensée. Car la science réclame toujours plus de concurrence entre les hypothèses et toujours plus de rigueur dans les tests, et les hypothèses en compétition réclament une représentation personnelle, pour ainsi dire : elles ont besoin d'avocats, d'un jury et même d'un public. Cette incarnation personnelle doit être organisée institutionnellement si nous voulons être sûrs qu'elle ait de l'effet. Et il faut dépenser pour ces institutions et les protéger par la loi ».

⁴⁷⁵ Si l'on poussait l'analogie, on dirait que les défenseurs des thèses concurrentes seraient les avocats. Le jury serait constitué des spécialistes des questions sur lesquelles portent les thèses, alors que le public serait constitué des spécialistes de la discipline concernée.

⁴⁷⁶ Il s'agit là de la deuxième caractéristique sociale de la méthode scientifique. Popper (1943/1966, vol. 2, p. 218) la décrit de la façon suivante : « *Secondly, scientists try to avoid talking at cross-purposes [...] They try very seriously to speak one and the same language, even if they use different mother tongues. In the natural sciences this is achieved by recognizing experience as the impartial arbiter of their controversies. When speaking of 'experience' I have in mind experience of a 'public' character, like observations, and experiments, as opposed to experience in the sense of more 'private' aesthetic or religious experience ; and experience is 'public' if everybody who takes the trouble can repeat it. In order to avoid speaking at cross-purposes, scientists try to express their theories in such a form that they can be tested, i.e. refuted (or else corroborated) by such experience. This is what constitutes scientific objectivity* ».

peuvent atteindre les individus est le produit des institutions de la science autant sinon plus que l'inverse n'est vrai⁴⁷⁷.

C'est bien une théorie de la compétence à accomplir une certaine tâche que nous propose Popper. Il y a une tâche à accomplir, et il nous est dit qu'elle ne peut être accomplie que par une machine qui remplit certaines exigences. Il faut beaucoup d'hypothèses en concurrence, et des avocats pour défendre ces hypothèses et se critiquer mutuellement. Or ceci n'est possible que dans le contexte d'une science ouverte, dans le contexte d'un espace public ouvert à l'innovation et à la concurrence.

11.6 La science, un ordre spontané

La science est un ordre spontané, nous dit Polanyi, anticipant ce qui allait devenir la perspective de l'auto-organisation puis celle de la complexité⁴⁷⁸. Au sens le plus général, on a affaire à un ordre spontané lorsqu'un certain nombre d'agents élémentaires interagissent entre eux sur leur propre initiative, c'est-à-dire en tenant compte de leur état interne et de leur situation locale, mais en fonction de certaines règles uniformément appliquées par tous⁴⁷⁹. Les colonies

⁴⁷⁷ Popper (1943/1966, p. 220) : « *the individual scientist's impartiality is, so far as it exists, not the source but rather the result of this socially or institutionally organized objectivity of science* ». Popper (1988, p. 195) : « c'est le caractère public de la science et de ses institutions qui impose une discipline mentale à l'homme de science individuel, et qui préserve l'objectivité de la science et sa tradition de discussion critique des idées nouvelles ». On peut comparer à Hayek (1979, p. 168) : « *it is the discipline of the market which forces us to calculate, that is, to be responsible for the means we use up in the pursuit of our ends* ». La rationalité économique des individus est un moyen au service de la collectivité.

⁴⁷⁸ Polanyi (1951) étudie principalement les systèmes d'ordre spontané de la science, du marché et du droit coutumier. Hayek (1973) reprend ce thème avec brio et fait une étude approfondie des systèmes d'ordre spontané du marché et du droit coutumier.

⁴⁷⁹ Il est peut-être utile de revenir sur quelques citations présentées dans le chapitre 6. Polanyi (1951, p. 159) : « *When order is achieved among human beings by allowing them to interact with each other on their own initiative—subject only to laws which uniformly apply to all of them—we have a system of spontaneous order in society* ». Hayek (1973, p. 43) : « *the formation of spontaneous orders is the result of their elements following certain rules in their responses to their environment* ». En fait, il suffit que les agents élémentaires agissent d'une façon que nous pouvons nous représenter sous forme de règles : « *the rules which govern the actions of the element of such spontaneous orders need not be rules which are 'known' to these element; it is sufficient that the elements actually behave in a manner which can be described by*

d'insectes sociaux, les systèmes immunitaires, les réseaux de neurones, pour ne prendre que ces quelques exemples, sont des systèmes d'ordre spontané. Que signifie le mot « spontané » dans cette expression ? Il est là pour s'opposer aux idées de planification et de guidage centralisés. Les systèmes d'ordre spontané sont des systèmes décentralisés dont la coordination est fondée sur l'ajustement mutuel, et non des systèmes planifiés et dirigés par une autorité centrale. Aucun comité ne peut prévoir dans quelles directions les découvertes futures seront faites. Les meilleures pistes à explorer sont découvertes au jour le jour par ceux qui les explorent librement sans devoir se soumettre aux volontés d'une autorité extérieure à la tradition intellectuelle qui les guide ou aux plans d'un planificateur central qui ne peut pas prévoir l'imprévisible. Sans la liberté accordée aux chercheurs d'explorer selon leurs connaissances et leurs jugements propres, jugements souvent tacites, les pistes qui leur semblent les plus prometteuses, de changer d'idée et de s'orienter vers une piste devenue plus prometteuse, d'abandonner la piste qui subitement se révèle être un cul-de-sac, aucun progrès scientifique important n'est possible⁴⁸⁰.

L'idée de liberté d'action soulève des difficultés pour la conception centraliste de l'ordre et de la coordination. Par la théorie des ordres spontanés, Polanyi contourne ces difficultés. Comment la science peut-elle être un ouvrage collectif systématique et ordonné si personne n'en fait jamais la planification, si

such rules » (Hayek, 1973, p. 43). Une règle reflète une régularité, une tendance à agir de la même façon dans des conditions similaires. C'est sur la base de telles régularités que peut émerger un ordre spontané : « *The important point is that the regularity of the conduct of the elements will determine the general character of the resulting order but not all the detail of its particular manifestation* » (Hayek, 1973, p. 40). En principe, puisque c'est la régularité qui compte, il n'est pas nécessaire que les agents agissent tous exactement selon les mêmes règles pour qu'un ordre spontané soit possible (Hayek, 1973, p. 40).

⁴⁸⁰ Polanyi (1951, p. 89) : « *And here indeed emerges the decisive reason for individualism in the cultivation of science. No committee of scientists, however distinguished, could forecast the further progress of science except for the routine extension of the existing system. No important scientific advance could ever be foretold by such a committee [...] The pursuit of science can be organized therefore, in no other manner than by granting complete independence to all mature scientists. They will then distribute themselves over the whole field of possible discoveries, each applying his own special ability to the task that appears most profitable to him. Thus as many trails as possible will be covered, and science will penetrate most rapidly in every direction towards that kind of hidden knowledge which is unsuspected by all but its discoverer, the kinds of new knowledge on which the progress of science truly depends* ».

personne n'a une idée de la tâche d'ensemble ? Est-il possible que des centaines de milliers de personnes puissent contribuer à l'exécution d'une tâche commune de grande envergure sans qu'il n'y ait de plan d'ensemble ni d'organiseurs pour attribuer à chacun un travail bien défini ? Beaucoup de gens en doutent. Simon est de ceux-là⁴⁸¹. Il souligne la nécessité d'une coordination d'ensemble pour qu'une tâche collective puisse être accomplie par plusieurs individus⁴⁸². Ce qu'il appelle l'autocoordination (*self-coordination*), qui repose sur un ajustement mutuel par simple observation des actions des autres, ne serait suffisante que pour les tâches les plus simples ne nécessitant que quelques individus toujours en contact visuel les uns avec les autres⁴⁸³. Dès qu'une tâche devient le moins complexe, il doit exister un plan d'ensemble dont une portion est communiquée à chacun des collaborateurs qui accepte de se laisser guider par ce plan⁴⁸⁴. Il n'y aurait aucune autre solution au problème de la

⁴⁸¹ Du moins dans Simon (1947/1957).

⁴⁸² Simon (1947/1957, p. 139) définit comme suit la coordination : « *Coordination is aimed at the adoption by all members of the group of the same decision, or more precisely of mutually consistent decisions in combination attaining the established goal* ». Il poursuit avec un exemple de tâche exécutée en commun par une dizaine de personnes pour souligner le problème de la coordination : « *Suppose ten persons decide to cooperate in building a boat. If each has his own plan, and they don't bother to communicate their plans, it is doubtful that the resulting craft will be very seaworthy. They would probably have better success if they adopted even a very mediocre design, and then all followed this same design [...] By the exercise of authority, it is possible to centralize the function of deciding, so that a general plan of operations will govern the activities of all members of the organization. Again, this procedure is analogous to the process whereby an individual plans his own activities over an extended period of time* ». Notez ici qu'il existe des plans possibles pour la construction du bateau. Comme à son habitude, Simon discute plus de l'utilisation des connaissances que de leur construction. Que fait-on lorsqu'il n'existe aucun plan de bateau, même très médiocre ? Est-il alors possible et profitable qu'une autorité centrale décide du travail de chacun ? Comment une autorité centrale pourrait-elle, et sur la base de quel plan, décider dans le détail ou même seulement dans les grandes lignes ce que des dizaines de personnes doivent faire quotidiennement pour produire des connaissances qui n'existent pas encore ?

⁴⁸³ Simon (1947/1957, p. 104) : « *In the simplest situations, the individual participant can bring his activities into coordination with the activities of others through simple observation of what they are doing. In a group of three or four painters working together, each one may take a part of the job, and the entire group may work as a team with each one fitting in where he thinks his efforts will be most effective and will interfere least with the others [...] All these situations where self-coordination is possible require that the individual be able to observe the behaviors of the organization members and adjust his to theirs. Where the direct observation is not possible—as in most situations of any complexity—the organization itself must provide for the coordination* ».

⁴⁸⁴ Simon (1947/1957, p. 106-107) : « *The attainment of the best result implies that each member of the group knows his place in the scheme and is prepared to carry out his job with the others. But, unless the intentions of each member of the group can be communicated to the*

coordination que, d'un côté, l'autocoordination impliquant un minimum de communication et, de l'autre, un plan d'ensemble. Comme Hayek et von Mises l'ont fait dans leur théorie du marché, Polanyi inverse la proposition de la pensée centraliste : la planification centrale n'est possible que pour les tâches relativement simples et prévisibles. Les tâches complexes et imprévisibles ne peuvent être accomplies que par un système de coordination par ajustements mutuels, un système d'ordre spontané⁴⁸⁵. Les systèmes d'ajustements mutuels ne sont pas limités aux situations où il y a peu d'agents, et où ceux-ci sont en présence physique les uns avec autres. Toute situation comportant une part d'imprévu nécessite la construction et la mobilisation de connaissances inconnues avant le début de l'action. Comment serait-il possible de prendre en compte ces connaissances futures dans un plan sinon en prévoyant des marges d'ajustement et d'autonomie ? Lorsqu'une tâche nécessite la mobilisation des connaissances de très nombreux individus, l'ensemble de ces individus constitue souvent la plus petite machine sociale capable de manipuler et d'utiliser cette somme de connaissances. Il est alors impossible d'envisager qu'une « autorité » centrale de dimension inférieure à celle de cet ensemble d'individus puisse maîtriser cette somme de connaissances et orienter l'action de chacun en conséquence. Si une telle maîtrise existe, elle ne peut être que décentralisée et être le fait d'un ensemble d'individus autonomes en interaction. Aucun plan

others, such coordination is hardly possible. Each will base his behavior on his expectations of the behaviors of the others, but he will have no reason to expect that they will fit into any preconceived plan. Lacking formal coordination, the result will be highly fortuitous. Under most practical conditions, self-coordination is infinitely less effective than a predetermined scheme of action that relieves each member of the group of the task of anticipating the behavior of the others as a basis for his own. Communication, then, is essential to the more complex forms of cooperative behavior. The process of coordination in these more complicated situations consists of at least three steps : (1) the development of a plan of behavior for all the members of the group (not a set of individual plans for each member) ; (2) the communication of the relevant portions of this plan to each member ; and (3) a willingness on the part of the individual members to permit their behavior to be guide by the plan ». March et Simon (1958) reprennent l'étude de la coordination et la raffinent en s'appuyant sur l'informatique et l'intelligence artificielle. Malgré tout, l'organisation telle qu'elle apparaît dans March et Simon (1958) demeure encore une bureaucratie, comme dans Simon (1947/1957), incapable d'assumer adéquatement des tâches imprévisibles et comportant une bonne part de construction de connaissances. J'examinerai la conception que March et Simon (1958) se font d'une organisation dans le chapitre suivant.

⁴⁸⁵ Voir Polanyi (1951).

d'ensemble ne coordonne le travail de cet ensemble parce qu'aucun planificateur ne dispose des connaissances et compétences qui seraient nécessaires à la confection de ce plan. Nous en revenons donc aux systèmes d'ajustements mutuels.

Comment fonctionne le système d'ajustements mutuels de la science ? En le comparant aux systèmes d'ajustements mutuels du marché et du droit coutumier, Polanyi met au jour ses principales caractéristiques, qui révèlent le caractère collectif de la machine de construction des connaissances scientifiques⁴⁸⁶. Tout système d'ajustements mutuels repose sur un système de communication qui met en contact les individus les uns avec les autres. Un système d'ajustements mutuels nécessite une forme de mise en commun des informations sur l'état de la tâche commune. Tous les systèmes d'ordre spontané dans les activités intellectuelles sont réglés par le jugement des experts qui effectuent ces activités⁴⁸⁷. Le juge est mis en contact avec les jugements de tous ses confrères, ceux des générations antérieures et ses contemporains, par l'intermédiaire de la jurisprudence sur laquelle il doit appuyer ses propres jugements. À tout moment, le scientifique est lui aussi mis en présence d'un ensemble de résultats, de méthodes et de jugements produits par les autres scientifiques depuis des générations et qui constituent le point de départ de sa quête de découvertes⁴⁸⁸. En s'ajustant aux travaux de ses confrères, le scientifique assure lui-même la coordination de son travail au leur, contribuant

⁴⁸⁶ Voir Polanyi (1951).

⁴⁸⁷ Polanyi (1951, p. 185) : « *All intellectual systems of spontaneous order are similarly governed by professional opinion, which is usually organized into a professional body* ».

⁴⁸⁸ Les juges et les scientifiques n'interagissent pas seulement entre eux mais également avec l'objet sur lequel portent leurs activités intellectuelles. Les juges de la *Common Law* interprètent le système des valeurs de leur société et, ce faisant, ils participent au réglage des interactions de l'ordre spontané du marché : « *the main function of the existing spontaneous order of jurisdiction is to govern the spontaneous order of economic life* » (Polanyi, 1951, p. 185). Les scientifiques interagissent avec une réalité « transcendante », c'est-à-dire qui est indépendante d'eux, qui ne cesserait pas d'exister si elle n'était pas étudiée par eux, et qui dépasse ce qu'ils en savent. C'est l'hypothèse du réalisme ontologique que l'on projette sur les activités des scientifiques pour leur donner un sens. Nier l'existence de cette réalité indépendante à laquelle croient les scientifiques serait contraire à la méthode de l'interprétation téléoreprésentationnelle selon laquelle il ne faut jamais partir du postulat que le sujet étudié s'illusionne et se trompe, qu'il est incompétent. Dans un premier temps, l'interprète doit toujours faire preuve d'humilité.

ainsi à la réalisation d'une tâche commune que personne n'a planifiée⁴⁸⁹. Cette procédure de « consultation » des travaux des autres crée une véritable mémoire collective qui permet l'avancement de la tâche commune. La mémoire n'est toutefois pas une condition suffisante de la découverte. La science met en branle une deuxième procédure collective qui active la quête de découverte et de nouveauté. Il s'agit de la compétition, une procédure absente du système d'ajustements mutuels du droit mais bien présente dans celui du marché. Les scientifiques sont en compétition dans la quête de découvertes parce que le crédit symbolique va aux premiers découvreurs⁴⁹⁰. Cette compétition assure que chacun explore les pistes qui lui semblent les plus prometteuses compte tenu de ses propres compétences. Malgré la liberté qui lui est accordée, un scientifique ne passe pas son temps à repartir à zéro dans un nouveau champ de compétences, ce qui coûterait beaucoup et ne permettrait pas une division du travail poussée. La compétition discipline la liberté d'action. Le scientifique est incité à s'engager de préférence dans la voie qui lui semble la plus prometteuse et pour laquelle il se sent le plus compétent, parce que c'est de cette façon qu'il a la plus grande probabilité de faire une contribution qui lui vaudra la reconnaissance de ses pairs⁴⁹¹. Par cette autocoordination, les compétences de

⁴⁸⁹ Polanyi (1951, p. 34) : « *The co-ordinative principle of science thus stands out in all its simple and obvious nature. It consists in the adjustment of each scientist's activities to the results hitherto achieved by others. In adjusting himself to the others each scientist acts independently, yet by virtue of these several adjustments scientists keep extending together with a maximum efficiency the achievements of science as a whole. At each step a scientist will select from the results obtained by others those elements which he can use best for his own task and will thus make the best possible contribution to science* ».

⁴⁹⁰ De nombreux auteurs ont étudié les processus de constitution du crédit et de la réputation dans les sciences. Voir Merton (1973), Hagstrom (1965), Latour et Woolgar (1977/1996), Whitley (1984) et Barnes (1985) pour un bon échantillon.

⁴⁹¹ D'autres arrangements institutionnels contribuent à favoriser chez les scientifiques l'exploitation de leurs compétences plutôt que la construction continue de nouvelles compétences dans des champs différents : les critères d'embauche et de promotion et les critères de subvention de la recherche. Comme ces critères relèvent de jugements fait par d'autres que le scientifique concerné, il y a toujours un risque non négligeable que de tels arrangements institutionnels restreignent la liberté d'exploration au point où des découvertes importantes en soient retardées. C'est tout le problème de la recherche transdisciplinaire, par exemple. La méthode individualiste et l'ajustement mutuel dans la compétition restent plus sûres de ce point de vue que l'autoritarisme. Polanyi (1951, p. 164) rapproche cet aspect du système d'ajustements mutuels de la science à la fonction entrepreneuriale dans le marché : « *in the way the scientist selects a new problem to which he might apply his gifts to the best advantage, and, when discovery is achieved, puts forward his claims as soon as he is certain of their validity,*

chacun sont exploitées là où elles peuvent être les plus efficaces dans l'exploration de nombreuses pistes qui ne dévoilent leur valeur qu'au fur et à mesure que la recherche progresse, et d'abord à ceux qui explorent ces pistes.

La compétition pourrait engendrer le secret, ce qui compromettrait l'ajustement mutuel par la procédure de consultation. Les scientifiques pourraient être tentés de retenir leurs résultats de peur de fournir à leurs concurrents des indices sur la valeur des pistes qu'ils explorent avant qu'ils n'aient complété leur travail. Comme la compétition porte sur la priorité dans la découverte, les scientifiques sont incités à diffuser le plus rapidement possible leurs résultats de façon à ne pas se faire devancer à l'arrivée par un concurrent. On pourrait également craindre le travers contraire, soit que les scientifiques publient des résultats douteux et des conclusions hâtives dans leur course à la reconnaissance par leur pairs. Le système de communication et d'évaluation de la science risquerait alors la surcharge. La perte de crédibilité et de réputation attachée aux erreurs et aux tentatives de fraude limite l'ampleur de cet « effet pervers⁴⁹² ».

Polanyi décrit une troisième procédure d'ajustement mutuel. La discussion et l'examen publics des thèses en présence sur un thème, qui donnent lieu à débats et à controverses, s'ajoutent à la consultation et à la compétition. Certes

pressing for their acceptance by the scientific public—the scientist acts more like a business man, who first searches for a new profitable application of the resources at his disposal and then hastens to advertise and commend his products to the consumers before anyone can forestall him ». Latour et Woolgar (1977/1996, p. 196) décrivent les démarches des chercheurs qu'ils étudient dans des termes similaires : « nos interlocuteurs parlent constamment d'investissements, d'études qui rapportent et d'opportunités intéressantes. Ils rapportent souvent leurs efforts à ce qu'ils appellent les fluctuations du marché et tracent des courbes montrant comment ces fluctuations rejaillissent sur leur attitude ». Latour et Woolgar (1977/1996, p. 214) : « l'investissement constant et la transformation de crédibilité au laboratoire reflètent les opérations typiques du capitalisme moderne ».

⁴⁹² Polanyi (1951, p. 163) : « *Since the credit for a new discovery goes to the scientist who first publishes it, each will be eager to publish his results as soon as he feels sure of them. This induces scientists to inform their colleagues without delay of their current progress. On the other hand, sharp sanction are in operation against premature publication, and scientists whose conclusions have proved hasty suffer a serious loss in reputation; this guards scientific opinion from being confused by a flood of erroneous claims put in circulation by too ambitious investigators* ».

les thèses en présence sont représentées par des avocats qui tentent de les faire adopter par un jury, la compétition s’y poursuit donc, mais cet ensemble composé des avocats, du jury et du public que nous avons déjà vu chez Popper dépasse le cadre de la seule compétition dans la quête de découverte. Cet ensemble forme un système d’ajustements mutuels fondé sur la « persuasion »⁴⁹³. C’est par cette procédure d’ajustement mutuel que les thèses sont publiquement examinées, évaluées, comparées puis finalement rejetées ou intégrées dans l’héritage commun sous formes de découvertes.

Au total, la science repose sur trois procédures collectives d’ajustement mutuel, selon la thèse de Polanyi. La première procédure consiste en une activité de « consultation » de l’héritage culturel collectif par lequel un scientifique s’ajuste à une tradition dans laquelle il puise les principes, questions et méthodes qui le guident et le poussent dans une quête de découvertes⁴⁹⁴. Ensuite, il y a une deuxième procédure d’ajustement mutuel fondée sur la compétition dans la quête de découvertes qui fait en sorte que chaque scientifique mobilise, à tout moment, son jugement le plus éclairé pour choisir, dans l’héritage commun, les pistes de recherche qui lui apparaissent les plus prometteuses compte tenu de ses connaissances et de ses expériences

⁴⁹³ Polanyi (1951, p. 164-165) : « *The public discussion by which scientific claims are sifted before they can be accepted as established by science, is a process of mutual adjustment that is neither consultative nor competitive. This type of adjustment is exemplified by two opposing counsel trying to win over the jury to their own side. When such a discussion goes on in wider circles, each participant adjusts his arguments to what has been said before and thus all divergent and mutually exclusive aspects of a case are in turn revealed, the public being eventually persuaded to accept one (or some) and to reject the others [...]* I suggest that coordination involved in a sincere and fair controversy should be classed separately as a system of spontaneous order based on persuasion ».

⁴⁹⁴ Dans un texte de 1942, « Self-Government of Science », Polanyi (1951, p. 56-57) anticipe son travail futur sur la connaissance tacite et nuance le caractère délibéré, explicite et même public de cette procédure de « consultation » de cet héritage commun : « *science as a whole is based—in the same way as the practice of any single research school—on a local tradition, consisting of a fund of intuitive approaches and emotional values, which can be transmitted from one generation to the other only through the medium of personal collaboration* ». L’essentiel de la méthode scientifique ne repose pas dans une philosophie explicite, mais dans le « *practical example of its works* », (Polanyi 1951, p. 56). On notera au passage la parenté avec les propositions de Kuhn (1962/1970, p. 275), que Polanyi a inspiré : « *Knowledge of nature can be tacitly embodied in whole experiences without intervening abstraction of criteria or*

particulières. La procédure de la compétition l'amène à faire des propositions publiques bien soupesées. L'héritage duquel il s'inspire n'est pas constitué de dogmes intouchables. Dans sa quête de découverte, il peut et doit apporter à cet héritage les modifications que sa conscience intellectuelle lui commande. Finalement, une troisième procédure collective d'ajustement mutuel, celle de l'examen public des propositions, règle leur reconnaissance et leur intégration dans l'héritage commun⁴⁹⁵.

Soulevons finalement une difficulté. Polanyi ne discute pas de la genèse des conditions qui rendent possibles les ordres spontanés. Ces conditions prennent la forme des règles d'interaction permettant l'ajustement mutuel. Or Polanyi est conscient que parmi toutes les règles d'interaction possibles, seul un petit nombre d'entre elles donneront lieu à un ordre spontané. Plus encore, parmi tous les ordres spontanés possibles, seuls quelques-uns sont « désirables » en ceci qu'ils sont porteurs d'une compétence collective. Comment se fait-il qu'il existe des ordres spontanés aussi appropriés pour réaliser des compétences collectives que le marché, le droit et la science plutôt que seulement des ordres spontanés neutres ou négatifs sur ce plan⁴⁹⁶ ?

generalizations. Those experiences are presented to us during education and professional imitation by a generation which already knows what they are exemplars of ».

⁴⁹⁵ Toutes les activités intellectuelles de la civilisation occidentale sont réglées par le même type de procédures d'ajustement mutuel et constituent des ordres spontanés : « *They all prosper by the mutually adjusted efforts of individual contributors. Thus language and writing are developed by individuals communicating through them with each other. Literature and the various arts, pictorial as well as musical; the crafts, including medicine, agriculture, manufacture and the various technical services; the whole body of religious, social and political thought—all these, and many other branches of human culture, are fostered by methods of spontaneous order similar to those described for science and law. Each of these fields represents a common heritage accessible to all, to which creative individuals in each successive generation respond in the form of proposed innovations, which, if accepted, are assimilated to the common heritage and passed on for the guidance of generations yet to come* » (Polanyi, 1951, p. 165).

⁴⁹⁶ Polanyi (1951, p. 157) est fort conscient de plusieurs des limites des ordres spontanés : « *We must keep in mind also that, as a rule, there will be no such mutual interaction between units of an aggregate which would arrange them in a desired orderly fashion [...] Or again, the spontaneously established order may be undesirable [...] This suggests that, while it may be possible to achieve certain socially desirable forms of co-ordination in society by allowing each individual to adjust his action to that of all the others (or to some state of affairs resulting from the action all the others) there is no warrant to assume either (1) that any particular conceivable task of co-ordination can be attained by such a technique or (2) that any particular*

11.7 Piaget et la science en devenir

Selon Piaget, la question centrale de l'épistémologie concerne les « conditions constitutives » de la connaissance, et en particulier les parts respectives du sujet et de l'objet dans la constitution des connaissances. Les connaissances n'étant jamais achevées, l'étude de la constitution des connaissances devient « l'étude du passage des états de moindre connaissance aux états de connaissance plus poussée⁴⁹⁷ ». Beaucoup d'épistémologues se sont posé cette question et ont tenté d'établir les normes qui permettraient de juger qu'un état de connaissance est supérieur à un autre. Les débats entre Popper, Lakatos, Kuhn et Feyerabend tournent autour de la question de ces normes méthodologiques et de leur usage dans l'histoire des sciences, les deux premiers soutenant la nécessité logique de leur existence, les deux derniers niant leur réalité historique sans remplacer ces normes par des processus rationnels. Selon Piaget, cette question ne peut se résoudre sur le seul plan méthodologique⁴⁹⁸. Si la science repose bien sur une méthode, celle-ci ne permet jamais d'établir qu'une connaissance est supérieure à une autre. Ce jugement de valeur sur les connaissances, les scientifiques l'effectuent bel et bien, mais les normes qui sont mobilisées dans ce jugement sont toujours très complexes et très difficilement accessibles à l'observateur. Ces normes s'appuient pour l'essentiel sur les connaissances elles-mêmes. Elles sont intimement liées au contenu conceptuel et théorique d'une science telle qu'elle est à un moment historique donné. Par conséquent, c'est seulement de l'intérieur d'un cadre épistémique, d'un ensemble de connaissances et des questions que celles-ci soulèvent, qu'on peut juger du progrès que constitue une nouvelle proposition ou un nouveau fait⁴⁹⁹.

instance of free mutual adjustment between individuals will produce a desirable result ». Il ne va toutefois pas jusqu'à se poser sérieusement la question de leur genèse. Hayek (1973, 1988) défend l'idée que ces ordres spontanés n'ont pour l'essentiel pas été conçus mais que leur genèse elle-même doit être comprise comme l'effet d'un système d'ordre spontané.

⁴⁹⁷ Piaget (1967a) p. 7.

⁴⁹⁸ Voir Piaget et Garcia (1983), plus particulièrement le chapitre IX.

⁴⁹⁹ Boudon (1990) décrit bien la variété des contributions que les scientifiques peuvent considérer comme une contribution à leur domaine de recherche. Voir le chapitre 8, p. 359-364. Voir également Laudan (1977). Popper, Kuhn et Lakatos ont tendance à restreindre l'idée de progrès aux avancées empiriques. Les critères méthodologiques qu'ils proposent ou rejettent

C'est le cadre épistémique qui guide la construction de nouvelles connaissances, et non quelques règles de méthode simples, universelles et indépendantes du contenu de la science à un moment donné. Cette position est probablement réconciliable avec une partie de l'épistémologie poppérienne si l'on admet que le générateur d'hypothèses et le test qui évalue celles-ci sont toujours lourdement marqués par les connaissances existantes et qu'ils évoluent donc avec la progression des connaissances. Dans la perspective piagétienne, la question n'est pas « comment établir qu'une théorie T' est supérieure à une théorie T ? », mais plutôt « en quoi consiste le passage de la théorie T à une théorie T' que les scientifiques jugent supérieure ? ».

Alors que la connaissance achevée à un moment donné ne semble relever que de l'objet, l'étude du passage de la théorie T à la théorie T', et de celle-ci à la théorie T'' fait réapparaître le rôle du sujet dans la constitution des connaissances⁵⁰⁰. On peut regarder ce rôle de deux façons selon que l'on regarde le fonctionnement de la machine constitutive du sujet ou le travail effectué par cette machine. Dans *Psychogenèse et histoire des sciences*, Piaget et Garcia caractérisent le travail de constitution des connaissances dans l'histoire de la physique et des mathématiques comme un processus récurrent de découverte en trois phases intra-objectale, interobjectale et transobjectale. La phase intra-objectale consiste en la mise au jour des propriétés d'un objet ou d'un événement. La phase interobjectale consiste en la mise en relation des objets et en la reconstruction de ceux-ci en fonction de cette mise en relation. Cette mise en relation prend plus particulièrement la forme des transformations qui permettent de passer d'un objet à l'autre. La phase transobjectale consiste en la

pour évaluer le progrès dans les connaissances consistent donc en une comparaison du contenu empirique des théories.

⁵⁰⁰ Piaget (1967a, p. 7) : « pour déterminer avec quelque précision les “ conditions constitutives ” des connaissances et notamment les parts respectives du sujet et de l'objet dans le rapport cognitif, il est indispensable de connaître au préalable les “ conditions d'accession ” à ces connaissances, car bien souvent le rôle du sujet échappe à l'analyse de la connaissance achevée (comme si le sujet s'était retiré de la scène après l'avoir montée, à la manière d'un auteur, au lieu d'y demeurer présent à la manière d'un acteur), tandis que ce rôle s'impose avec évidence au cours des périodes de formation. Ce fait nous conduira à insister sur l'importance des méthodes historico-critique et génétique en épistémologie ».

mise en relation des relations ou transformations elles-mêmes, avec reconstruction de celles-ci en fonction de la structure d'ensemble ainsi dégagée. Ce processus met en lumière le rôle des connaissances existantes dans la production de nouvelles connaissances : la phase « trans » s'appuie sur la phase « inter » qui s'appuie sur la phase « intra ». Ce travail me semble être une caractérisation de la tâche générale de décentration par rapport à un chemin ou à un point de vue particuliers, c'est-à-dire de la tâche de coordination des chemins ou des points de vue⁵⁰¹. Ce travail de décentration et de coordination est effectué par une machine collective à la fois sur le plan diachronique, les contemporains réorganisant les connaissances qui leur sont léguées par les générations qui les précèdent, et sur le plan synchronique, la science reposant sur une méthode de coopération interindividuelle qu'elle partage avec le travail technique et intellectuel en général. C'est le travail de décentration et de coordination effectué par cette machine collective que Piaget a théorisé dès les années 30 et 40 sous la forme des méthodes de coopération rationnelle.

11.8 L'ajustement mutuel et la coordination des actions selon Piaget

Ce que Polanyi appelle ajustement mutuel, Piaget l'appelle coopération. Piaget distingue deux grands types de rapports sociaux, soit la contrainte et la coopération⁵⁰². La raison et la science ne sont possibles que par le libre jeu de la

⁵⁰¹ Piaget (1968, p. 193-194) : « Toute connaissance valable suppose une décentration. Toute l'histoire des sciences est faite de décentrations [...] La psychologie génétique observe un processus analogue dans le développement des perceptions et de l'intelligence individuelles ».

⁵⁰² Piaget (1932, p. 41) : « Il faut distinguer, dans tous les domaines, deux types de rapports sociaux : la contrainte et la coopération, la première impliquant un élément de respect unilatéral, d'autorité, de prestige ; la seconde un simple échange entre individus égaux ». Piaget (1945, p. 146) : « Il existe, effectivement, deux types extrêmes de rapports interindividuels : la contrainte, qui implique une autorité et une soumission, conduisant à l'hétéronomie, et la coopération, qui implique l'égalité de droit ou autonomie, ainsi que la réciprocité entre personnalités différenciées ». Piaget (1933, p. 245-246) : « La société est contrainte dans la mesure où elle est source d'hétéronomie par rapport à la conscience individuelle. En tant qu'« extérieures » aux individus, les réalités sociales peuvent, en effet, s'imposer par leur seule autorité et sans que l'individu qui les subit participe à leur élaboration. C'est le cas lorsque l'enfant reçoit de l'adulte des règles et des opinions toutes faites, à accepter telles quelles, ou lorsque l'individu, même adulte, est contraint d'observer les traditions de son groupe par le seul fait qu'elles s'imposent. Cette contrainte éducative et sociale implique ainsi l'inégalité entre les individus : les uns sont revêtus d'autorité ou de prestige, parce que plus âgés et parce que

coopération dans le travail technique ou intellectuel. Ce n'est pas la tradition et la contrainte qui révèlent le plus la nature sociale de la raison et de la science, mais le rôle nécessaire que joue la coopération dans leur apparition et leur développement. La coopération, c'est le système de règles qui permet le travail effectué en commun et la coordination des points de vue. La coordination des points de vue permet aux individus de corriger leur expérience immédiate⁵⁰³. La contrainte impose un point de vue unique, absolu, qui ne contribue pas à sortir l'esprit de son pôle individuel qui est celui de la pensée naïve, immédiate et précritique⁵⁰⁴. La contrainte impose des règles et des croyances toutes faites. La coopération n'impose aucun contenu fixe, mais plutôt une méthode de coordination et de contrôle mutuel⁵⁰⁵. L'accord des esprits qui fonde la vérité

détenteurs de la tradition, et les autres sont soumis à cette autorité. La société est coopération, au contraire, dans la mesure où elle implique des relations entre individus égaux ou se considérant comme tels, et des relations fondées sur la liberté. En effet, lorsque les individus coopèrent sans être déterminés par l'autorité des anciens ou de la tradition, ils élaborent eux-mêmes les réalités sociales et s'y soumettent dès lors en pleine autonomie ».

⁵⁰³ Piaget (1933, p. 250) : « l'expérience individuelle est ce que nous appellerons l'expérience immédiate, par opposition à l'expérience scientifique ou corrigée, laquelle suppose le concours des points de vue et par conséquent la coopération [...] il arrive sans cesse que l'apparence demande une correction et que cette correction suppose la mise en relation de points de vue divers [...] faute du système de références constitué par les points de vue des autres individus, l'enfant en demeure à chaque instant à considérer le sien comme absolu. Il ne dissocie donc pas l'apparence subjective du réel objectif, faute de réciprocité entre les perspectives. Tel est le premier caractère de l'« expérience immédiate » ». Piaget (1933, p. 271) : « partout où interviennent la perspective spatiale particulière, l'évaluation sensorielle propre à l'individu ou, d'une manière générale, les limitations du moi, le passage de l'expérience immédiate à l'expérience corrigée ou scientifique suppose la coordination des points de vue, c'est-à-dire, en fait, la coopération ».

⁵⁰⁴ Piaget (1933, p. 256) : « il y a bien un pôle individuel de l'esprit : c'est celui de la pensée naïve, immédiate et précritique ».

⁵⁰⁵ Piaget (1928, p. 236) : « Ce qui paraît marquer la limite de la coopération et de la contrainte, et ce qui assure en même temps la valeur logique de la coopération par rapport à la contrainte, c'est que la première fournit une *méthode* tandis que la seconde n'impose que des *croyances* ». Piaget (1933, p. 264) : « la contrainte n'impose que des croyances ou des règles toutes faites, à l'élaboration desquelles ne participent pas les individus soumis à son emprise. Au contraire, la coopération ne propose qu'une méthode—méthode de coordination et de contrôle mutuel—et l'application intégrale de cette méthode demeure un idéal jamais atteint (même en science, où les questions de prestige et d'autorité jouent encore un rôle au moins secondaire) ». Piaget (1932, p. 277-278) : « Au sein des mille groupements entrecroisés qui constituent notre société, les individus se mettent d'accord moins sur un ensemble de dogmes ou de rites à conserver que sur une « méthode » ou un ensemble de méthodes à appliquer. Ce qu'affirme l'un est vérifié par les autres. L'essentiel des conduites expérimentales (qu'elles soient scientifiques, techniques ou morales) consiste ainsi non en une croyance commune, mais en règles de contrôle mutuel. Chacun est libre d'innover, mais dans la mesure où il réussit à se faire comprendre d'autrui et à comprendre autrui. Cette coopération qui, reconnaissons-le, est loin de prévaloir encore dans tous les domaines sur la contrainte sociale, bien qu'elle constitue l'idéal des sociétés

dans les discussions entre individus autonomes n'est pas une opinion commune statique, mais vient après confrontation des points de vue, mise au jour des divergences et coordination des perspectives dans le travail effectué en commun⁵⁰⁶. De ce fait, la coopération rationnelle ne permet pas seulement de dépasser la centration sur l'expérience immédiate des individus. Elle permet également de dépasser les sociocentrismes⁵⁰⁷. La science en tant que machine collective de construction de connaissances n'est possible que lorsque des méthodes d'argumentation, de contrôle et de vérification en commun permettent un progrès vers l'accord des esprits, quel que soit le point de départ idéologique ou métaphysique de chacun⁵⁰⁸. La quête de raisonnements explicites qui remonte au moins à Socrate prend ici tout son sens : les raisonnements

démocratiques, est seule à permettre la distinction entre le droit et le fait. Qui dit « méthode » dit, en effet, qu'il y a des vérités provisoirement établies, mais surtout qu'il reste quelque chose à trouver et que le progrès est subordonné à l'observation de certaines normes. Les caractères de l'idéal sont ainsi sauvegardés. Au contraire, il est de l'essence de la contrainte sociale et de l'autorité extérieure d'identifier l'idéal et le fait, l'idéal étant ainsi conçu comme tout réalisé ». La parenté de cette conception avec celle de Popper présentée précédemment est évidente. Pour Popper, la science est méthode. La méthode scientifique est d'abord une technique sociale fondée sur la critique mutuelle et sur la construction d'une expérience et d'un langage communs, c'est-à-dire d'un système de référence fondé sur la coordination des points de vue. À l'intersubjectivité de Popper correspond la coordination des points de vue de Piaget.

⁵⁰⁶ Piaget (1933, p. 261) : « L'accord des esprits, tel qu'il se réalise en science pure, ou à la suite d'une discussion morale, sociale, technique, etc., c'est l'acceptation d'une certaine vérité, expérimentale ou simplement logique, mais après discussion et confrontation des points de vue divers : il suppose ainsi et la prise de conscience des divergences personnelles, et la coordination de ces perspectives en un invariant ou un covariant susceptibles de les vérifier. Le consensus propre à la contrainte sociale, c'est, au contraire, l'unité réalisée par autorité et, dans les cas élémentaires, l'unité se réalisant d'elle-même sans prise de conscience des perspectives individuelles ni élaboration raisonnée due aux libres personnalités ».

⁵⁰⁷ Piaget (1968, p. 26) : « La réflexion spéculative ne court donc pas seulement le risque de tourner le dos à la vérification, par l'élan de l'improvisation subjective : la personne humaine ne réussissant jamais à produire qu'en symbiose avec autrui, même dans la solitude du travail intérieur, ou bien il faut adopter systématiquement une méthode de coopération, comme dans la production scientifique où la vérité ne se conquiert que par le contrôle d'innombrables partenaires sur le terrain des faits comme de la déduction, ou bien le moi se croyant libre subit inconsciemment les contagions ou les pressions du groupe social ».

⁵⁰⁸ Piaget (1968, p. 21-22) : « la séparation la plus nette doit être introduite sans cesse entre ce qui relève de l'improvisation personnelle, de la vérité d'école ou de tout ce qui est centré sur le moi ou sur un groupe restreint, et les domaines dans lesquels un accord des esprits est possible, indépendamment des croyances métaphysiques ou des idéologies. D'où la règle essentielle de ne poser les questions qu'en termes tels que la vérification et l'accord soient possibles, une vérité n'existant en tant que vérité qu'à partir du moment où elle a été contrôlée (et non simplement acceptée) par d'autres chercheurs ». On pourrait soutenir que la compétition dans la science rend ce service qu'elle incite les adversaires à contrôler leurs affirmations respectives plutôt qu'à simplement les accepter.

explicites permettent la vérification par d'autres et la coordination des points de vue. Ils permettent le travail collectif.

On pourrait peut-être soutenir que chaque point de vue est le test d'une hypothèse sur une portion du réel, et que la coordination des points de vue correspond au travail critique sur ces tests et hypothèses, à leur mise en perspective les uns par rapport aux autres, à l'ajustement des uns sous l'effet des autres, à leur intégration en un cadre commun qui permet la transformation réglée de l'un en l'autre⁵⁰⁹. La coopération est un processus ouvert et créateur. Les engagements qu'elle exige des individus sont formels. La contrainte est statique et érige un point de vue en absolu. Elle ne tolère pas les retouches et les ajustements. Les engagements qu'elle exige sont matériels plutôt que formels.

Chaque individu autonome explore certaines pistes, c'est-à-dire fait des hypothèses particulières, sous forme de schèmes d'assimilation, et interagit avec des portions du réel. Cette exploration constitue son « expérience immédiate », centrée sur les pistes particulières qu'il explore. La seule façon de multiplier la capacité exploratoire de cette machine, et de lui faire surpasser le point de vue extrêmement limité de son expérience immédiate, est de la faire interagir avec d'autres machines semblables. Par la coopération, son point de vue perd définitivement son caractère absolu. Pour Piaget, comme pour Popper, et pour Kant qui les inspire tous les deux, la décentration et l'objectivation ne sont possibles que dans, et par, une collectivité fondée sur la coopération entre égaux, l'autorité empêchant la prise en compte de tous les points de vue disponibles ou possibles. Les engagements que prennent les agents autonomes

⁵⁰⁹ Piaget (1933, p. 269) : « Le passage de l'expérience immédiate à l'expérience scientifique consiste donc, non pas en l'abolition de la première, mais simplement en sa mise en relation avec d'autres systèmes de référence, et cette mise en relation consiste elle-même non pas en une accumulation d'expériences immédiates, mais en une coordination qui transforme leur signification : l'expérience scientifique est ainsi la construction d'une réalité plus profonde que l'apparence et qui, cependant, rend compte de cette dernière en reliant les uns aux autres les divers " phénomènes ". L'œuvre de la science est donc à la fois critique et constructive, critique parce qu'elle dissocie l'apparence subjective de la réalité, et constructive parce que la réalité ainsi appréhendée repose sur une élaboration intellectuelle et non pas sur une accumulation d'expériences passives ».

dans l'échange de pensée assurent la conservation du sens des concepts, ce qui permet la mobilité de la pensée individuelle dans ses détours et ses retours⁵¹⁰. La raison et la science sont sociales parce qu'elles reposent sur des opérations intellectuelles formées pour la coopération technique et les interactions intellectuelles, et par elles. Ces opérations ne sont pas arbitraires : elles répondent aux nécessités de la coordination générale des actions qui s'imposent dans le travail en commun⁵¹¹. La logique est une morale des échanges de pensées sanctionnée par les échangeurs⁵¹².

11.9 Les opérations de la coopération rationnelle

Piaget découpe son analyse de la coopération en deux volets. Le premier porte sur les actions « concrètes » et le second sur les échanges de pensées. Piaget analyse dans le détail en quoi consiste la collaboration de deux individus exécutant en commun une tâche concrète, celle de dresser un pont au-dessus d'un ruisseau en érigeant chacun de son côté un pilier et en reliant ces deux ouvrages par une planche⁵¹³. En quoi consiste leur collaboration ? À ajuster leurs actions en mettant en correspondance les actions à éléments communs (faire des piliers de même largeur), en mettant en relation de réciprocité les actions symétriques (« orienter les versants verticaux des piliers face à la rivière,

⁵¹⁰ Piaget (1947, p. 175) : « En fait, c'est précisément l'échange constant de pensées avec les autres qui nous permet de nous décentrer ainsi et nous assure la possibilité de coordonner intérieurement les rapports émanant de points de vue distincts. On voit très mal, en particulier, comment, sans la coopération, les concepts conserveraient leur sens permanent et leur définition : la réversibilité même de la pensée est ainsi liée à une conservation collective, en dehors de laquelle la pensée individuelle ne disposerait que d'une mobilité infiniment plus restreinte ».

⁵¹¹ Une telle proposition est faite dans la perspective de la science des systèmes finalisés. Elle est une explication proposée pour expliquer une compétence. Il y a une tâche à accomplir qui impose ses nécessités, la tâche de coordination des actions par laquelle doit passer le travail exécuté en commun. Les systèmes d'opérations de la raison sont une réponse à ces nécessités.

⁵¹² Piaget (1947, p. 174) : « la logique comporte des règles ou des normes communes : elle est une morale de la pensée, imposée et sanctionnée par les autres. C'est ainsi que l'obligation de ne pas se contredire n'est pas simplement une nécessité conditionnelle (un « impératif hypothétique »), pour qui veut se plier aux règles du jeu opératoire : elle est aussi un impératif moral (« catégorique »), en tant qu'exigé par l'échange intellectuel et par la coopération [...] De même, l'objectivité, le besoin de vérification, la nécessité de conserver leur sens aux mots et aux idées, etc., sont autant d'obligations sociales comme de conditions de la pensée opératoire ».

⁵¹³ Piaget (1951), p. 90-91.

c'est-à-dire en face l'un de l'autre, et les versants inclinés du côté opposé »), en additionnant ou en soustrayant les actions complémentaires (si les rives du ruisseau ne sont pas à la même hauteur, il faudra soit soustraire ou additionner la différence entre les deux bords de façon à ce que le tablier des deux piliers soit à la même hauteur. Si un bord est plus haut son pilier devra être plus court ou alors le pilier de l'autre rive devra être plus haut). Au total, les ajustements sont accomplis par des opérations de mise en correspondance, en réciprocité et en complémentarité des opérations que chacun des collaborateurs effectue de son côté. Toute collaboration « concrète » consiste à « coordonner les opérations de chaque partenaire en un seul système opératoire dont les actes mêmes de collaboration constituent les opérations intégrantes »⁵¹⁴. Les opérations individuelles et la coopération se constituent simultanément et forment un tout⁵¹⁵. L'individualité et l'autonomie ne marquent pas un déclin de la socialité, mais son approfondissement et son raffinement.

En quoi consiste la coopération et l'ajustement mutuel dans le travail collectif sur les idées et l'échange de jugements, si importants dans la science, et qui peuvent éventuellement mener au type d'accord des esprits présents dans la science ? D'abord le travail sur les idées nécessite probablement les mêmes opérations que l'action sur les choses : correspondance, réciprocité et complémentarité. Le travail sur les idées exige la création d'un espace commun dans lequel effectuer ces opérations. Cet espace est créé par l'échange de jugements, c'est-à-dire de propositions formulées dans un langage commun et fondées sur une échelle de valeurs intellectuelles commune. Sur le plan formel, on peut se représenter les collaborateurs comme s'échangeant des propositions, et des évaluations de ces propositions. À chaque proposition offerte peut

⁵¹⁴ Piaget (1951), p. 91.

⁵¹⁵ Piaget (1951), p. 92 : « d'une part, la coopération constitue le système des opérations interindividuelles, c'est-à-dire des groupements opératoires permettant d'ajuster les unes aux autres les opérations des individus ; d'autre part, les opérations individuelles constituent le système des actions décentrées et susceptibles de se coordonner les unes aux autres en groupement englobant les opérations d'autrui aussi bien que les opérations propres. La coopération et les opérations groupées sont donc une seule et même réalité envisagée sous deux aspects différents ».

correspondre une évaluation marquant l'accord ou le désaccord. Sur le plan purement formel, le travail sur les idées est rendu possible par l'assemblage de propositions et d'évaluation produites par les interlocuteurs. Quelles sont les conditions qui rendent la construction de cet assemblage possible ? Il doit d'abord y avoir conservation dans le temps des propositions et des évaluations. Un interlocuteur ne doit pas pouvoir négliger une proposition antérieure avec laquelle il a marqué son accord, sans quoi il ne sert à rien d'échanger. Il a l'obligation de respecter les propositions qu'il a antérieurement reconnues et de les prendre en compte dans ses propositions. S'il n'est plus d'accord avec cette proposition antérieure, il doit faire une nouvelle proposition pour agir sur elle, nouvelle proposition à laquelle réagira son interlocuteur. S'il y a conservation des propositions et des évaluations, un interlocuteur pourra toujours invoquer un accord antérieur dans son action sur les propositions de son partenaire et adversaire (faire référence à une théorie ou à un fait accepté, par exemple)⁵¹⁶. La conservation obligée des propositions et des évaluations assure une continuité dans le travail sur les idées : le même travail n'est pas constamment à recommencer ou définitivement perdu. Elle est donc une condition formelle de l'accord des esprits : on ne peut rejeter sans raison une proposition dont on a reconnu antérieurement la validité du simple fait que ça nous arrange maintenant de le faire. De même, on ne peut invoquer sans raison, c'est-à-dire sans nouvelle proposition, une proposition dont on a nié antérieurement la validité. Cette obligation oblige à respecter le point de vue de l'autre, en ne permettant pas que l'on en dispose trop facilement lorsque de nouvelles propositions viennent se heurter à lui. Dans la science, ce type de conservation dans les échanges est généralisé. C'est l'ajustement mutuel par « consultation » selon l'expression de Polanyi. Chaque scientifique reçoit de ses prédécesseurs

⁵¹⁶ La coopération dans l'échange de propositions n'enlève pas tout caractère compétitif au travail intellectuel effectué en commun. Piaget compare ce travail au jeu d'échecs. Piaget (1947, p. 176) : « L'échange intellectuel entre individus est donc comparable à une immense partie d'échecs, qui se poursuivrait sans trêve et telle que chaque action accomplie sur un point entraîne une série d'actions équivalentes ou complémentaires de la part des partenaires : les lois du groupement ne sont pas autre chose que les diverses règles assurant la réciprocité des joueurs et la cohérence de leur jeu ».

un bagage de propositions reconnues dont il doit prendre connaissance. Il a l'obligation de prendre en compte ces propositions. Souvent, elles seront l'objet de ses propres propositions. S'il les néglige, un partenaire et adversaire pourra toujours invoquer les propositions négligées pour invalider ses nouvelles propositions dans le processus d'ajustement mutuel par « persuasion ». Il y a réciprocité dans la mesure où chacun des interlocuteurs peut invoquer ces accords ou désaccords antérieurs et obliger leur conservation.

Un système d'ajustements mutuels permet le travail en commun sur les idées dans la mesure où il repose sur une échelle de valeurs intellectuelles commune, sur un langage commun, s'il oblige la conservation des propositions et des évaluations, et s'il assure la réciprocité des collaborateurs. Ces conditions correspondent à « une situation sociale de coopération autonome, fondée sur l'égalité et la réciprocité des partenaires, et se dégageant simultanément de l'anomie propre à l'égoïsme et de l'hétéronomie propre à la contrainte »⁵¹⁷.

Comme le montre Piaget, le système des normes qui est la condition de possibilité du travail en commun dans les échanges intellectuels est également celui qui régit la logique des propositions⁵¹⁸. L'obligation de conserver les propositions, et leur validité reconnue, entraîne la constitution de deux principes fondamentaux de communication et d'échange : « le principe d'identité, maintenant invariante une proposition au cours des échanges ultérieurs, et le principe de contradiction conservant sa vérité si elle est reconnue vraie, ou sa fausseté si elle est déclarée fausse, sans possibilité de l'affirmer et de le nier simultanément⁵¹⁹ ». La production de propositions et les accords possibles sont réglés par la conservation obligée et la réversibilité opératoire, soit la possibilité de revenir en arrière pour invoquer les propositions et les accords antérieurs.

⁵¹⁷ Piaget (1951), p. 96.

⁵¹⁸ Piaget (1951), p. 97-99.

⁵¹⁹ Piaget (1951), p. 97.

Les accords possibles prennent finalement l'une des formes d'équilibre suivantes :

(a) les propositions de l'un peuvent correspondre simplement à celles de l'autre, d'où un groupement présentant la forme d'une correspondance terme à terme entre deux séries isomorphes de propositions ; (b) celles de l'un des partenaires peut constituer le symétrique de celles de l'autre, ce qui suppose leur accord sur une vérité commune (du type a) justifiant la différence de leurs points de vue (p. ex. dans le cas de deux propositions spatiales renversant les rapports de gauche et de droite ou de deux positions dans les relations de parenté telles que les frères de l'un des partenaires soient les cousins de l'autre et réciproquement) ; (c) les propositions de l'un des partenaires peuvent compléter simplement celles de l'autre, par l'addition entre ensembles complémentaires⁵²⁰.

Dans son contenu, une proposition est une opération effectuée par un individu. L'échange de propositions est pour sa part une opération effectuée à deux ou à plusieurs. Ces opérations, individuelles et collectives, se constituent ensemble et sont les deux faces d'une même réalité qui se stabilisent sous la forme de correspondances, de réciprocités et de complémentarités. Elles participent d'une même structure d'ensemble qui permet l'accord des esprits dans une communauté d'individus autonomes où la coopération et le respect mutuel priment sur la contrainte autoritaire et le respect unilatéral. L'individualité, l'autonomie et la liberté d'action ne marquent pas le déclin de la socialité mais son triomphe : « Le triomphe de la pensée collective est à chercher dans la science, et non pas dans la pensée sociomorphique « primitive », due à la contrainte du groupe⁵²¹ ».

⁵²⁰ Piaget (1951), p. 97-98.

⁵²¹ Piaget (1933), p. 274.

Piaget est bien un théoricien des ordres spontanés. Les agents élémentaires sont chez lui les actions ou schèmes d'action. Les actions sont les seuls éléments actifs de l'intelligence. Il n'y a pas d'entité centrale mystérieuse dans l'esprit humain qui dirige les actions. Il n'a que des actions qui agissent les unes sur les autres et s'ajustent les unes aux autres. Si les actions présentent une cohérence d'ensemble représentée par les structures dont nous avons parlé dans le chapitre 3, c'est bien parce qu'elles se constituent en systèmes auto-organisés, et non parce qu'un agent les dirige de l'extérieur. C'est par la découverte pratique et progressive des lois de la coordination générale des actions que les systèmes auto-organisés arrivent à se constituer en structures d'ensemble et à bénéficier de compétences collectives qu'aucune action prise individuellement ne possède.

11.10 La science en action

Selon Piaget, l'accord des esprits dans le travail intellectuel constitue une position d'équilibre composée de correspondances, de réciprocités et de complémentarités. Vérifier qu'un point de vue n'est pas totalement subjectif et centré sur une expérience singulière égocentrique ou sociocentrique, c'est rechercher les correspondances, les réciprocités, les complémentarités et les oppositions avec d'autres points de vue. La vérité est constituée par une possibilité indéfinie de vérification par confrontation et coordination des points de vue (selon le test d'universalité de Kant)⁵²². L'atteinte d'une position d'équilibre est un effet des processus hors équilibre. Comment les points de vue et les positions sont-ils confrontés et retravaillés en dehors des positions d'équilibre de telle façon qu'ils se stabilisent parfois sous la forme de correspondances, de réciprocités et de complémentarités ? Piaget ne me semble pas s'être attelé systématiquement à la tâche de répondre à cette question que nous allons maintenant examiner.

⁵²² Piaget (1968, p. 111) : « Le sens courant du mot “ vérité ” se réfère à ce qui est vérifiable par chacun. Peu importe le procédé de vérification pourvu qu'il soit accessible et qu'il donne la garantie au sujet qu'il n'est pas centré sur son moi ou sur l'autorité d'un maître, mais que ce qu'il avance est contrôlable par tous ceux qui doutent ».

Il faut d'abord remplir la condition préalable que les positions et points de vue soient mis en présence les uns des autres⁵²³. Les publications constituent un moyen de rendre publiques les différentes thèses sur un même objet de recherche. Il faut évidemment que ceux qui se préoccupent d'une question prennent connaissance des affirmations des autres. Le caractère public des thèses n'est pas suffisant, il faut lui ajouter la nécessité pour un auteur de prendre connaissance de ces thèses et de positionner de façon critique ses affirmations par rapport à celles des autres⁵²⁴. Les processus de compétition et de persuasion que les scientifiques mettent en branle pour obtenir du crédit assurent le caractère public des thèses et leur critique⁵²⁵. Nous allons essayer

⁵²³ Perelman (1977, p. 48) : « Une affirmation et une présentation qui, à première vue, paraît objective et impartiale, manifeste son caractère volontairement ou involontairement tendancieux, quand on le confronte avec d'autres témoignages, en sens opposé. Le pluralisme aiguise le sens critique. C'est grâce à l'intervention, toujours renouvelée, des autres, que l'on peut le mieux distinguer, jusqu'à nouvel ordre, le subjectif de l'objectif ».

⁵²⁴ Barnes (1985, p. 40) : « *there exist within the scientific community certain standardized procedures, certain routine ways of operating, which have the effect of ensuring that the capacities are put to good use, that individuals do rapidly learn from each other and do evaluate each other's work. The result is that the research of every single person is based upon the knowledge of all, and that the judgment of every single person is conditioned by the judgment of others. The effectiveness of research is thereby greatly increased, since the technical and intellectual resources available to each and every scientist are maximized, and the effects of his or her weakness or eccentricities are minimized* ».

⁵²⁵ En plus des thèses de Polanyi (1951), que j'ai présentées plus tôt, on peut citer bien d'autres auteurs qui affirment l'existence de tels processus de compétition dans les sciences et qui discutent de leurs conséquences. Merton (1942, p. 276) : « *There is competition in the realm of science, competition that is intensified by the emphasis on priority as a criterion of achievement* ». Merton (1957, p. 339) : « *The organization of science operates as a system of institutionalized vigilance, involving competitive cooperation. It afforded both commitment and reward for finding where others have erred or have stopped before tracking down the implications of their results or have passed over in their work what is there to be seen by the fresh eye of another. In such a system, scientists are at the ready to pick apart and appraise each new claim to knowledge. The unending exchange of critical judgment, of praise and punishment, is developed in science to a degree that makes the monitoring of children's behavior by their parents seem little more than child's play* ». Whitley (1984, p. 22-24) : « *To convince colleagues of the importance of one's work it has to be published, thus ensuring conformity with public norms and criteria, and, second, it has to be used by them in their own research. The more important it is thought to be, the more competitors will both try to develop and discredit it. Competitive pressures ensures that new results and ideas which seem important will be used, transformed, and manipulated. If expectations are not fulfilled during these processes, the results will be rejected and ignored [...]. While the scope and degree of competition varies between the modern sciences, the competitive pursuit of prestige and influence among a particular audience seems an inescapable characteristic of them [...] the community and mutual orientation of the sciences are stronger than elsewhere; scientists are engaged in continual debates and conflicts among themselves about their work in a way which*

d'établir un peu mieux ce que ces processus font subir aux différents points de vue et affirmations. Pour ce faire, j'utiliserai *La science en action* de Latour et, dans une moindre mesure, *La vie de laboratoire* de Latour et Woolgar⁵²⁶. Ces ouvrages ont la particularité de postuler des individus assez proches de l'agent praxéologique autonome, au point même où le problème de la coopération n'y semble pas toujours résolu⁵²⁷. Ils prétendent décrire la science en action, on peut donc espérer en tirer des enseignements sur les processus d'ajustements mutuels hors équilibre. Selon l'image que Piaget en donne, les échanges intellectuels ressemblent à une vaste partie d'échecs dans laquelle les actions des joueurs se répondent⁵²⁸. Je vais essayer de montrer que *La science en action* et *La vie de laboratoire* nous proposent une image semblable du travail d'ajustement mutuel. Les scientifiques jouent leurs coups de façon à s'ouvrir des chemins vers une solution (la victoire) tout en bloquant les pistes suivies par leurs adversaires. Pourquoi ce jeu ? Les sciences sont des champs de bataille où les scientifiques déploient des stratégies en vue de conquérir des positions qui reflètent la valeur, dans le champ, de ceux qui les occupent. Ce sont des marchés dans lesquels les scientifiques sont en concurrence pour obtenir des fonds (au sens le plus large) et pour obtenir une évaluation positive de leurs produits, c'est-à-dire du crédit pour leur contribution. Ce crédit permet généralement d'obtenir des avances de fonds plus importantes, sous diverses formes, qui seront réinvesties en vue d'obtenir un crédit (une crédibilité) de plus grande valeur encore. C'est ce que Latour et Woolgar ont appelé le cycle de

seems largely absent among other professional groups. This strong community structure, however, is much more competitive and conflictual than appears in some accounts and these conflicts have substantial consequences for what emerges as scientific knowledge ».

⁵²⁶ Latour (1995) et Latour et Woolgar (1977/1996).

⁵²⁷ Barnes, Bloor et Henry (1996, p. 114-115) : « *Understanding the social interaction of scientists in terms of their individual expediency has long been recognized as an important approach in the sociology of science, but until recently as one of limited scope (Ben-David, 1984). Some idea of what can happen when it is uncompromisingly extended and generalized may be gained from parts of Bruno Latour Science in Action (1987). Science, Latour says, is war; the object of war is to win; each and every scientific action is a move in a game where the objective is to win, The war, moreover, would seem to be the Hobbesian war, a war of everyone with everyone; for science is chaos, according to Latour. Thus, if scientists make an alliance, it is an expedient linkage, oriented to 'winning', expendable immediately circumstances require it. If they accept a knowledge claim, it is accepted out of expediency, and will be set immediately circumstances require it ».*

crédibilité⁵²⁹. La production d'énoncés, la prise de connaissance des énoncés avancés par les autres, leur critique et leur évaluation sont des passages obligés dans le circuit de développement du crédit scientifique.

11.11 Le jeu de la science

Le premier chapitre de *La science en action* porte sur les écrits scientifiques. Comme ceux-ci sont le principal lieu d'interaction dans les sciences, on a toutes les chances d'y voir à l'œuvre d'importantes actions d'ajustement mutuel sous forme d'argumentation et de contrôle mutuel. On trouve effectivement dans ce chapitre du livre de Latour une étude de la rhétorique scientifique qui nous rapproche de ce que nous cherchons ici. Pour voir le « sujet » à l'œuvre, comme nous l'avons vu plus tôt, il faut étudier la science en train de se faire plutôt que la science établie. Si la science en tant que processus d'interaction est bien un champ de bataille, cette science en train de se faire, on ne peut la voir nulle part mieux que dans les controverses qui opposent des auteurs en compétition. Ces controverses nous placent devant des adversaires qui « pensent autrement » et qui cherchent à expliquer pourquoi ils pensent différemment⁵³⁰. Les controverses nous placent devant un conflit de points de vue et nous permettent de voir le travail sur ces points de vue auquel elles donnent lieu.

L'étude des controverses nous fait voir la science comme un jeu d'échecs qui se jouerait à plusieurs joueurs. Le but de chaque joueur est d'imposer sa solution (un « fait », une théorie) aux autres joueurs. Imposer sa solution aux

⁵²⁸ Piaget (1947), p. 176.

⁵²⁹ Latour et Woolgar (1977/1996, p. 205) : « le caractère essentiel de ce cycle est le gain de crédibilité qui permet le réinvestissement—et un gain ultérieur de crédibilité. Par conséquent il est commode de faire comme s'il n'y avait pas d'objectif ultime à l'investissement scientifique autre que le redéploiement continu de ressources accumulées. C'est en ce sens que nous avons assimilé la crédibilité des chercheurs à un cycle d'investissement de *capital* ».

⁵³⁰ Latour (1995, p. 70) : « dans le feu de la controverse, les spécialistes fournissent eux-mêmes les raisons pour lesquelles leurs adversaires pensent autrement ».

autres revient à les obliger à suivre le chemin que l'on trace dans l'espace de problème. Mais comment obliger les autres à suivre son chemin alors qu'ils sont, selon les règles même du jeu, libres en droit d'aller où bon leur semble ? Ils faut bloquer les autres chemins possibles en empilant des arguments contre eux⁵³¹. Cette tactique sera évidemment d'autant plus efficace que les énoncés de ces arguments ne sont pas eux-mêmes sujet à controverse, que ce sont des faits, des objets ou des théories anciens et unanimement acceptés (avec correspondance, complémentarité ou réciprocité des points de vue, en termes piagétiens)⁵³². Il faut mobiliser tous les énoncés qui pointent dans la direction de sa solution, en tentant de renforcer ceux qui sont le plus sujet à contestation⁵³³. La moindre brèche peut être ouverte et devenir une échappatoire pour les adversaires. Il faut tenter de contester tous les énoncés qui pointent vers d'autres directions⁵³⁴. Pour tenter de les affaiblir, il faut remonter à leurs propres conditions de production pour y contester ce qui s'y trouve de contestable. On peut, par exemple, replacer ce sur quoi les énoncés s'appuient dans une controverse qui ne serait pas encore close. On peut contester une affirmation qui manque d'appui, une donnée expérimentale ou d'observation qui pourrait

⁵³¹ Latour (1995, p. 139-140) : « Tous les mouvements de ceux qui contestent doivent donc être contrôlés de sorte qu'ils se heurtent à des forces massives et qu'ils soient vaincus [... Il faut] disposer le texte de façon que, quel que soit l'endroit où le lecteur veuille se rendre, il ne puisse prendre qu'un seul chemin. Mais comment atteindre un tel résultat, puisque par définition le lecteur réel peut tout contester et suivre n'importe quelle direction ? En rendant plus difficile au lecteur d'aller dans toutes les autres directions. Comment y parvenir ? En empilant soigneusement davantage de boîtes noires, en corsant les arguments qui pourraient être remis en question ».

⁵³² Latour (1995, p. 225) : « Guillemin, pour établir l'existence de son objet nouveau, utilise le résultat de plusieurs décennies de travaux en électrologie, de près de deux cents ans de travaux en pharmacologie, de cent ans de travaux en physiologie ».

⁵³³ Latour (1995, p. 115) : « L'accumulation de ce qui apparaît comme des détails techniques n'est pas dépourvue de sens ; c'est précisément ce qui rend les choses plus difficiles pour l'adversaire. L'auteur protège son texte contre la force du lecteur. Un article scientifique devient plus difficile à lire, exactement comme on protège et on étaye une forteresse ; non pas par plaisir, mais pour éviter que l'adversaire ne l'emporte ».

⁵³⁴ Latour (1995, p. 97) : « Quelle que soit la tactique, la stratégie globale est facile à comprendre : faites subir tout ce que vous pouvez à la littérature qui vous précède afin qu'elle se prête du mieux possible à ce que vous avez l'intention de soutenir. Les règles sont assez simples : affaiblir les ennemis, paralyser ceux que l'on ne peut affaiblir [...] se porter au secours de ses alliés s'ils sont attaqués, assurer des communications en toute sécurité avec les fournisseurs d'instruments indiscutables [...], obliger ses ennemis à se combattre entre eux [...], lorsque la victoire est incertaine, rester humble et discret. Se sont en réalité des règles banales, les règles de la politique la plus ancienne ».

s'interpréter de plusieurs façons, mais dont une seule interprétation appuie la thèse de l'auteur. L'argument consisterait alors à montrer qu'on n'a pas de raison de croire que l'interprétation de l'auteur est plus vraisemblable que les autres interprétations possibles. À l'inverse, un chercheur tentera de s'appuyer sur les données les plus univoques possible pour soutenir ses propres énoncés. Dans *La vie de laboratoire*, par exemple, on voit que la controverse sur la structure moléculaire du facteur de libération de la thyrotropine (TRF) pousse les protagonistes à chercher des instruments d'expérimentation et d'observation qui fournissent des données toujours moins équivoques, qui rétrécissent toujours plus l'éventail des structures moléculaires vraisemblables⁵³⁵.

La construction des « faits » et de la « réalité » scientifiques est le produit de processus collectifs décentralisés que personne ne maîtrise ni ne planifie. Les auteurs soumettent leurs énoncés, mais ceux-ci leur échappent une fois qu'ils sont rendus publics. D'autres énoncés viendront les appuyer, les contredire ou les modifier, comme eux-mêmes font subir ce traitement aux énoncés antérieurs⁵³⁶. Comme l'écrit Latour : « le destin de ce que nous disons et faisons est entre les mains des autres⁵³⁷ ». Ces « autres » ne sont évidemment pas une entité organisée mais un ensemble d'agents quasi autonomes conservant chacun son droit de s'en remettre à son propre jugement pour évaluer la valeur d'un

⁵³⁵ Latour et Woolgar (1977/1996, p. 136-137) : « On peut concevoir un bioétalonnage effectué sur une fraction partiellement purifiée comme une technique « molle » au sens où l'on peut interpréter chaque inscription qui en sort de trente-six façons différentes. En revanche, une analyse d'acides aminés (AAA) est « dure » car le nombre d'énoncés qui peut correspondre à chaque inscription est bien moins élevé [Moore et *al.*, 1958]. La différence entre technique molle et dure n'implique aucune espèce d'évaluation de leur qualité dans l'absolu. La dureté se réfère simplement au fait qu'une configuration matérielle particulière permet d'éliminer par avance bien plus d'explications alternatives [...] Burgus avait, entre 1966 et 1969, rétréci de manière spectaculaire le nombre des possibilités, grâce aux techniques importées de la chimie analytique. Mais l'élimination des dernières possibilités était de plus en plus délicate, parce que l'on s'approchait des limites de sensibilité des instruments. Chaque expérience nouvelle resserrait le spectre des interprétations possibles ». Latour et Woolgar (1977/1996, p. 140) : « la chimie de synthèse a permis à elle seule de restreindre les séquences possibles du TRF de six à une ».

⁵³⁶ Latour (1995, p. 75) : « le statut d'un énoncé dépend des énoncés ultérieurs qui l'établissent ou l'infirment ».

⁵³⁷ Latour (1995), p. 78.

énoncé ou pour lui imposer des modifications⁵³⁸. Les « faits », les « objets » et les « théories » sont produits collectivement, par l'effet des énoncés les uns sur les autres⁵³⁹. Dans les termes que nous avons utilisés précédemment, ils sont la manifestation d'un ordre spontané, lui-même étant le produit d'un système décentralisé d'ajustements mutuels dont nous essayons d'établir ici le mode de fonctionnement. Les « faits », les « objets » et les théories qui sont proposés sont soumis à des « épreuves de force » par des concurrents qui défendent d'autres propositions. Lorsque ces propositions se stabilisent malgré les efforts consacrés à les ébranler, ils deviennent la « réalité » scientifique⁵⁴⁰. En termes piagétiens, une théorie ou un fait n'est plus ébranlé par d'autres énoncés quand les points de vue sous-jacents se coordonnent sous forme de correspondances, de réciprocités et de complémentarité plutôt que de s'opposer ou de n'avoir aucun point de contact. Les critiques et les déformations que les articles font subir aux énoncés constituent un travail collectif de coordination des points de vue qui s'arrête de lui-même quand les points de vue se correspondent, se complètent ou se « symétrisent » par rapport à un repère commun.

La science en action n'est pas très différente chez Latour de ce qu'elle est chez Piaget. Il y a des correspondances évidentes entre les deux propositions, qui présentent toutes les deux la science comme un système d'ajustements

⁵³⁸ Latour (1995, p. 250) : « Chaque individu dans la chaîne qui façonne et transmet la boîte noire peut agir de façon très différente : il peut la laisser tomber, l'accepter telle qu'elle est, modifier les modalités qui l'accompagnent ou l'énoncé qu'elle contient, ou encore se l'approprier en la transférant dans un contexte complètement différent [...] il vous faut imaginer une chaîne de milliers de gens sans lesquels l'énoncé primitif ne pourrait devenir boîte noire et qui sont tous en mesure de transmettre ou de ne pas transmettre l'énoncé, de le modifier, de l'altérer ou de le transformer en artefact, sans que presque rien de leur comportement ne puisse être prévu ».

⁵³⁹ Latour (1995, p. 251) : « dans la partie de science à laquelle nous assistons, l'objet est soumis à des modifications multiples quand il passe de main en main. Il n'est pas simplement transmis d'un acteur à son voisin par un processus collectif, il est composé collectivement par eux. Pas de transmission sans transformation. Pas de diffusion sans création ».

⁵⁴⁰ Latour (1995, p. 228) : « la réalité est ce qui *résiste*. À quoi résiste-t-elle ? À des *épreuves de force*. Si dans une situation donnée, aucun opposant ne parvient à modifier la forme d'un objet, alors nous y sommes, il *est* réalisé, il est réalité, au moins tant que les épreuves de force ne sont pas modifiées ». Latour (1995, p. 105) : « un fait est ce qui est stabilisé collectivement au cours d'une controverse lorsque l'activité des articles ultérieurs ne consiste pas seulement en critiques ou en déformations mais aussi en une confirmation. La force de l'énoncé original ne réside pas dans son contenu même, *mais de sa présence dans les articles ultérieurs* ».

mutuels. Elles ne s’opposent pas moins, en apparence, sur plusieurs points, dont celui de l’existence d’un monde indépendant des représentations que nous nous en faisons et celui du problème de la coopération. Ces deux questions étant importantes dans la perspective sociocognitiviste que je défends ici, je dois en discuter maintenant.

L’un des points de divergence qui éloigne Latour de la pensée piagétienne concerne l’idéalisme méthodologique qu’adopte Latour. Il affirme qu’une des règles de méthode à adopter quand on étudie les controverses scientifiques peut se formuler comme suit :

étant donné que le règlement d’une controverse est la cause de la représentation de la nature et non sa conséquence, on ne doit jamais avoir recours à l’issue finale—la nature—pour expliquer comment et pourquoi une controverse a été réglée⁵⁴¹.

Dans ce passage, Latour passe de la représentation de la nature à la nature elle-même comme si les deux choses étaient équivalentes. Son raisonnement ne tient que si la nature se réduit aux représentations de la nature. Cette position semble relever de l’idéalisme. Pour leur part, Latour et Woolgar soutiennent que « l’argument de “ réalité ” ne peut être utilisé pour expliquer le processus par lequel un énoncé devient fait, puisque c’est seulement après qu’il est devenu un fait qu’apparaît l’effet de réalité⁵⁴² ». Dans ce passage, Latour et Woolgar restent cohérents. Ils mettent sur le même pied l’argument de réalité et l’effet de réalité. En d’autres mots, ils se placent de l’unique point de vue des processus d’argumentation et ils y demeurent. L’idéalisme n’est pas nécessaire pour accepter cette proposition puisqu’elle affirme simplement qu’aucun des protagonistes ne peut invoquer la réalité dans ses arguments puisqu’il ne peut prétendre y avoir un accès non problématique. Cette proposition ne soutient pas

⁵⁴¹ Latour (1995), p. 241.

⁵⁴² Latour et Woolgar (1977/1996), p. 186.

qu'il n'y a pas une réalité indépendante du sujet. Latour et Woolgar concluent toutefois de leurs raisonnements

[qu'] il importe de s'abstenir d'invoquer la réalité extérieure ou le caractère opérationnel de ce que produit la science pour expliquer la stabilisation des faits, parce que cette réalité et cette opérationnalité sont la conséquence et non la cause de l'activité scientifique⁵⁴³.

Dans ce second passage, Latour et Woolgar semblent franchir le pas de l'idéalisme. La réalité, comme la nature chez Latour, est la conséquence des activités du sujet collectif que constituent les scientifiques. La réalité et la nature sont des produits des activités du sujet et n'expliquent en rien la stabilisation des processus d'argumentation et de contrôle mutuel de la science. On pourrait soutenir qu'au contraire le sujet collectif est en interaction avec quelque chose qui lui est extérieur, et la forme de ce quelque chose a un impact sur les processus qui le constituent en sujet. Selon Piaget, on peut voir cet impact *a posteriori* dans les vecteurs que les processus de construction de connaissances produisent, (vecteurs dont les trois phases intra-objectale, interobjectale et transobjectale sont peut-être une représentation abstraite). Ces vecteurs, qu'on peut tenter de repérer après coup seulement, sont une indication que les « stabilisations » successives des représentations de la réalité et de la nature ne sont pas fortuites et arbitraires, c'est-à-dire sans rapports possibles avec l'existence d'un monde indépendant du sujet⁵⁴⁴. Le fait évident que la

⁵⁴³ Latour et Woolgar (1997/1996), p. 189.

⁵⁴⁴ Piaget (1967, p. 116) discute de cette question dans le contexte « de la relativité fondamentale de l'objet par rapport à ses interprétations successives [qui] n'oblige en rien à douter de son existence ». Voilà ce qu'il écrit : « l'objet n'est connu qu'au travers des actions du sujet qui, en le transformant, parvient à reconstituer à la fois les lois de ces transformations (comportant son mode de production) et les invariants qu'elles comportent. L'objectivité n'est ainsi obtenue qu'en fonction d'un long processus au lieu d'être donnée au départ comme le voudrait l'empirisme. Seulement le fait même que l'objet constitue une limite (au sens mathématique du terme) d'approximations qui ne se succèdent pas fortuitement mais selon un déroulement plus ou moins orthogénétique (comportant ainsi une vection, non prévisible à l'origine mais susceptible de reconstitution après coup), l'existence de cet objet constitue la seule explication possible de ces approximations dirigées, même si l'on n'est jamais certain d'en avoir atteint le terme final ».

connaissance du monde et des objets est une construction du sujet connaissant n'implique en rien qu'il n'existe pas d'objets indépendamment du sujet et, surtout, que ces objets ne contribuent pas à la stabilisation des processus d'argumentation, de vérification et de contrôle mutuels. Ces processus de « déformation », selon le terme de Latour, viennent se heurter à des « indéformables », des invariants, qui ne peuvent être surmontés (contestés) qu'en redoublant d'effort et d'astuce (ce qui risque au bout du compte de révéler des « indéformables » encore plus durs).

L'autre point de divergence entre Piaget et Latour vient de ce que ce dernier ne nous explique pas toujours de façon explicite comment se résolvent les problèmes de coopération que soulèvent les échanges entre scientifiques, comment sont conservées dans le temps et dans l'espace les différentes valeurs échangées (les énoncés et leurs évaluations). Or, on a vu que ce problème affecte les sociétés d'agents autonomes au point de compromettre leur viabilité. Un passage de Latour nous permettra de voir l'une des manifestations de ce problème dans sa conception de la science.

Comme chaque article adapte la littérature qui le précède à ses propres besoins, toutes les déformations sont permises [...] On peut le citer sans le lire, ce qui est un moindre mal, ou soutenir une thèse qui est l'exact opposé des intentions de l'auteur [...] Nous ne pouvons pas dire que ces déformations sont indignes et que chaque article doit être lu honnêtement pour ce qu'il est ; ces déformations ne sont autres que la conséquence de la modification que chaque article fait subir à tous les autres ; tous les auteurs se débrouillent pour accomplir un découpage dans la littérature qui mette leurs thèses en position aussi favorable que possible⁵⁴⁵.

⁵⁴⁵ Latour (1995), p. 101-102.

Dire que toutes les déformations sont permises est une façon de souligner que les règles du jeu de la science laissent, en droit, une grande marge de liberté aux scientifiques dans leur travail de coordination des points de vue. Une telle proposition demande toutefois à être précisée. Est-ce qu'elle signifie que toutes les fraudes, toutes les tromperies, toutes les lectures « malhonnêtes » sont permises ? Est-il vraiment permis de faire dire n'importe quoi à n'importe quel auteur ? Est-il possible de rejeter, puis de reconnaître, puis de rejeter de nouveau, puis de reconnaître encore un énoncé sans autres justifications qu'il apparaisse tour à tour utile ou nuisible à nos thèses ? Tout énoncé risque la contestation, et une interprétation arbitraire, sans justification, d'un autre énoncé a toutes les chances d'être contestée ou simplement jugée sans intérêt et ignorée. Son auteur risque d'être jugé incompetent ou malhonnête. On voudra en effet retourner aux conditions de production de cette interprétation, en voir les fondements, les raisons. En d'autres mots, on voudra voir les alliés qui sont mobilisés pour sa défense. Toutes les « déformations » ne sont pas permises à un moment historique donné, dans la logique même du jeu que nous présente Latour : une déformation arbitraire est une déformation sans alliés, sans murets de protection, sans défenses face à la critique. Les « théories » et les « faits » les mieux établis sont, dans les faits, à peu près « indéformables » à un moment historique donné, même s'ils sont en droit aussi déformables que n'importe quel autre énoncé. Il faudra de très très bonnes raisons pour faire accepter qu'ils soient modifiés. Mais ce n'est pas seulement la force des alliés qui est en jeu, car même le plus anodin des énoncés est protégé. Si j'écris « Latour est un idéaliste », un auteur ne pourra pas me citer honnêtement en me faisant dire que Latour est un matérialiste, sauf s'il a un argument pour convaincre le lecteur que lorsque j'écris « idéaliste » je veux plutôt dire « matérialiste ». Tout lecteur sera en droit d'exiger de cet auteur qu'il justifie son affirmation, sa lecture de mon texte, et je serais probablement le premier à le faire. Un auteur ne pourrait pas non plus impunément écrire tantôt que j'affirme que Latour adopte une position matérialiste, tantôt que j'affirme qu'il adopte une position idéaliste. Un lecteur pourra mettre en opposition ces deux points de vue et sera en droit d'exiger une

explication de l'auteur. De toute évidence, il y a des règles sous-jacentes au travail hors équilibre sur les « faits » et les « théories ». Ces règles portent sur la possibilité de contrôle et de vérification des affirmations, ce qui permet d'exiger de voir leurs « alliés » avant de les accepter. Elles portent également sur la conservation des énoncés dans le temps et dans l'espace, et sur leur caractère non contradictoire ou cohérent. Ces règles limitent l'arbitraire des processus de transformation des énoncés et sont constitutives des ordres spontanés de la science. J'associe ces règles au problème de la coopération parce qu'elles prennent place dans les échanges du cycle de crédit (crédibilité) de Latour et Woolgar. On peut présumer qu'aucun scientifique n'aurait le moindre intérêt à produire et à soumettre des énoncés si ceux-ci étaient déformés systématiquement et de façon arbitraire par tous les autres. La stratégie fort économique qui consisterait à piller systématiquement les idées des autres sans jamais leur accorder le crédit qui leur revient et, pis encore, à brouiller les pistes en faisant ensuite dire le contraire de ces idées à ceux qui les ont formulées, ne peut pas être généralisée : si elle l'était, le jeu de la science n'en vaudrait plus la chandelle, plus personne n'aurait rien à y gagner, il n'y aurait plus de valeurs d'échange à échanger, à accumuler et à faire fructifier (ce qui poserait un sérieux problème conceptuel à l'idée de cycle de crédibilité proposée par Latour et Woolgar). On se trouverait dans l'état de nature de Hobbes, dans lequel aucune compétence collective, aucun travail collectif, n'est possible (conséquence qui n'effraierait pas Latour, parce qu'il ne se donne pas pour objectif d'expliquer des compétences collectives). La science en tant que système d'échanges où circulent des énoncés et des valeurs virtuelles telles que la crédibilité, la réputation ou la reconnaissance n'est possible que sous la condition que les problèmes de la coopération soient résolus⁵⁴⁶. Cette question des conditions de possibilité de la coopération et de la constitution de la

⁵⁴⁶ On a une bonne idée des travaux sur la science en tant que système d'échange de valeurs virtuelles en consultant entre autres Merton (1973), Hagstrom (1965), Latour et Woolgar (1977/1996), Whitley (1984) et Barnes (1985).

machine sociale de la science étant centrale dans la perspective sociocognitiviste que je défends, je vais maintenant lui consacrer une section.

11.12 La science et ses réseaux d'échange

Selon la perspective adoptée ici, la science repose sur un réseau d'échanges coopératifs et compétitifs. La principale motivation qui pousse un agent praxéologique autonome à échanger est d'obtenir une majoration des valeurs dont il dispose. Dans le cas des réseaux d'échange caractérisant les activités scientifiques, les échanges portent sur les propositions, sur les énoncés et sur leur évaluation. Le but du jeu de la science est d'obtenir et d'accumuler les évaluations positives pour sa production, la reconnaissance de la valeur de sa contribution, du crédit pour son travail, de la crédibilité. Ces évaluations peuvent avoir une valeur intrinsèque, mais ce sont également des valeurs d'échange virtuelles permettant d'obtenir toute une gamme de ressources : postes, équipements et subventions de recherche, par exemple⁵⁴⁷. Ces ressources peuvent être réinvesties dans de nouveaux travaux qui permettront éventuellement d'acquérir un plus grand capital de réputation et de reconnaissance, comme l'illustre bien le cycle de crédibilité de Latour et Woolgar. Comme nous le rappelle ces auteurs, si on comprend bien pourquoi les scientifiques produisent et soumettent des énoncés, des « faits » et des théories à leurs pairs, pour augmenter leur crédit, on comprend peut-être moins bien pourquoi ils s'accordent mutuellement du crédit en retour. Pourquoi se lisent-ils, dans un premier temps ? Puis, pourquoi reconnaissent-ils un certain crédit aux

⁵⁴⁷ Barnes (1985, p. 45) : « *Even a scientist who was indifferent to recognition, even one who loathed and detested it, would be obliged to acquire it if he wished to have a successful scientific career. The routine procedures of the scientific community are laid down in such a way that recognition is the route to all things. Does the scientist seek a research grant? His chances will probably depend on how well recognized he is by his fellows. Does he seek equipment, or more space, or the time and assistance of colleagues, or simply to keep his colleagues off his back and lead a quiet life? Again recognition is the key. Does he seek personal gain, by a move to better-paid post, or the accumulation of consultancies, or even by a skilfully timed leap out of research into science policy or administration? Even here the extent to which he is recognized by his scientific peers may be crucial. Like it or lump it, recognition is simply necessary. Whatever it is that the scientist wants, the way of getting it is via recognition* ».

autres ? En d'autres mots, si l'offre de « faits » et de théories est facilement intelligible, comprend-on d'où provient la demande ? Nous avons déjà vu la réponse que donne Latour : les scientifiques s'intéressent aux travaux des autres parce qu'ils leurs sont utiles pour bâtir un chemin gagnant et bloquer les pistes suivies par les adversaires immédiats. Plus ces travaux sont solides ou prometteurs, et plus ils sont utiles pour accomplir cette tâche. Plus ils sont utiles dans ce sens, plus ils sont en demande, et plus leurs auteurs ont de chances, toutes choses étant égales par ailleurs, d'obtenir en retour des valeurs d'échange virtuelles importantes (crédit, réputation ou reconnaissance)⁵⁴⁸.

Cette explication de la demande de « faits » et de théories rend directement intelligible pourquoi il n'est pas possible d'échanger de l'argent (une valeur virtuelle transférable) contre une réputation scientifique (une valeur virtuelle non transférable) et qu'il faille absolument passer par une contribution à un champ scientifique pour y obtenir ce type de valeur virtuelle. Si de l'argent permet de se procurer des moyens de bâtir des énoncés solides, l'argent n'est pas à lui seul un allié qu'il est possible d'invoquer pour solidifier un « fait » ou une théorie. Je peux bien tenter de payer des gens pour qu'ils utilisent ma théorie dans leurs propres travaux, mais si ma théorie n'ouvre pas de pistes prometteuses ou si elle n'est pas solidement protégée contre la contestation, elle ne permettra pas aux scientifiques que je paye de faire une contribution qui a de la valeur, surtout si je leur interdis d'y apporter quelque modification que ce soit. Ma théorie ne sera pas universellement stabilisée par des paiements en argent. La même logique tient pour celui qui pousse son « fait » ou sa théorie à l'aide de son capital de réputation. Ce capital permet à un scientifique d'obtenir

⁵⁴⁸ Quant à Whitley (1984, p. 12), il explique la demande interne dans les champs scientifiques de la façon suivante : « *Intellectual innovations are valued in this system of knowledge production for their usefulness to researchers in producing more innovations. This means that task outcomes have to fit in with the aims and skills of others if they are to be highly regarded, and so the degree of novelty which can be produced in the modern sciences is restricted by the need to follow collective standards and be relevant to the work of colleagues. The critical point here is that research is valued to the extent that it affects, influences, and is essential for others' work to be successfully accomplished. Competent but insignificant research may be published but will not lead to positive and substantial reputations for intellectual achievements* ».

l'attention de ses pairs. Étant donné la masse importante de productions scientifiques, un scientifique a toujours avantage à ne pas essayer de prendre en considération l'ensemble des théories et des « faits » proposés. Qui lire, qui prendre au sérieux et qui utiliser comme alliés dans ses propres travaux, alors ? Un choix raisonnable semble être de faire appel à ceux qui mettent en jeu un important capital de crédit accumulé. En mobilisant un auteur reconnu, c'est-à-dire un auteur dont les travaux ont été largement critiqués, soupesés et évalués positivement dans le passé, on réduit les risques de contestation possible. On augmente également ses chances de suivre une piste prometteuse en s'appuyant sur le jugement de quelqu'un dont les compétences et l'honnêteté intellectuelle sont relativement assurées. Évidemment, une telle heuristique n'offre aucune garantie et à préférer l'auteur établi au nouveau venu, on passe peut-être à côté d'une piste bien plus prometteuse encore. Si cette nouvelle piste venait à attirer l'attention de suffisamment de gens, le capital accumulé de notre auteur établi serait dévalué et ne lui permettrait plus aussi facilement de faire valoir sa propre production⁵⁴⁹. On aurait de moins en moins intérêt à mobiliser ses travaux pour donner plus de poids à une argumentation : sa perte de crédibilité se répercuterait sur les argumentations qui s'appuient sur ses énoncés. La demande pour ces argumentations serait en chute libre, de même que le prix (en crédit) qu'on pourrait espérer en obtenir. L'offre se tarirait en conséquence. Le prix en crédit qu'on peut espérer obtenir pour un énoncé n'est pas directement fixé par des normes ou par une autorité coercitive. Il est mobile et met en branle un processus de rétroaction qui infléchit les efforts dans les directions les plus solides et les plus prometteuses. En ce sens, la machine sociale de la science ressemble bien plus à la machine sociale décentralisée du marché qu'à celle de la société socialiste centralisée, comme Polanyi l'a noté dans les années 40.

⁵⁴⁹ Dans *La vie de laboratoire*, on voit le capital de crédibilité de Guillemin s'effriter dangereusement entre 1972 et 1976 à cause de son échec à produire toute nouvelle substance, puis se reconstituer à partir de 1976 suite à une découverte majeure, celle de la structure moléculaire de l'endorphine. Voir Latour et Woolgar (1977/1996), p. 240-243.

Le problème de la coopération dans la science concerne la conservation des valeurs dans les échanges qui s'étendent dans le temps et dans l'espace. Les principales valeurs qui circulent dans la science sont les valeurs virtuelles de crédit, de réputation et de reconnaissance qui sont attachées à des travaux. Par quoi y sont-elles attachées ? Dans le marché, les valeurs sont protégées par un droit de propriété. Il en est de même dans la science. Dès 1942, Merton parlait du droit de propriété intellectuelle des scientifiques⁵⁵⁰. Dans cet article, Merton parlait des droits de propriété intellectuelle pour souligner à quel point ils étaient de portée restreinte en science. Cette portée restreinte n'enlève toutefois rien à l'importance que peuvent avoir les droits de propriété sur les valeurs virtuelles de crédit et de réputation que peuvent rapporter un énoncé. Le phénomène des disputes à propos du statut de premier découvreur témoigne de cette importance. Dans un article de 1957 consacré à ce thème, « *Priorities in Scientific Discovery* », Merton montre à quel point ces disputes sont fréquentes et ne peuvent s'expliquer que par l'importance que prennent ces droits de propriété intellectuelle dans le fonctionnement de la science⁵⁵¹. Ce sont ces droits que

⁵⁵⁰ Voir Merton (1942, p. 273) : « *Property rights in science are whittled down to a bare minimum by the rationale of scientific ethic. The scientist's claim to "his" intellectual "property" is limited to that of recognition and esteem which, if the institution functions with a modicum of efficiency, is roughly commensurate with the significance of the increment brought to the common fund of knowledge [...] Given such institutional emphasis upon recognition and esteem as the sole property right of the scientist in his discoveries, the concern with scientific priority becomes a "normal" response* ».

⁵⁵¹ Merton (1957, p. 294-296) : « *he will be under pressure to make his contributions to knowledge known to other scientists and that, they, in turn, will be under pressure to acknowledge his rights to his intellectual property [...] the great frequency of struggles over priority does not result merely from these traits of individual scientists but from the institution of science, which defines originality as a supreme value and thereby makes recognition of one's originality a major concern. When this recognition of priority is either not granted or fades from view, the scientist loses his scientific property. Although this kind of property shares with other types general recognition of the "owner's" rights, it contrasts sharply in all other respects. Once he has made his contribution, the scientist no longer has exclusive rights of access to it. It becomes part of the public domain of science. Nor has he the right of regulating its use by others by withholding it unless it is acknowledge as his. In short, property rights in science become whittled down to just this one: the recognition by others of the scientist's distinctive part in having brought the result into being [...] This same concentration of property-rights into the one right of recognition may also account for the deep moral indignation expressed by scientists when one of their number has had his rights to priority denied or challenged. Even though they have no personal stake in the particular episode, they feel strongly about the single property-norm and the expression of their hostility serves the latent function of reaffirming the moral validity of this norm* ».

Latour néglige peut-être lorsqu'il affirme que toutes les déformations sont permises, ce qui semble ouvrir la porte toute grande à la fraude et au vol de droits de propriété intellectuelle. Il reste bien sûr à établir comment ces droits sont assurés : par des normes morales ou quasi juridiques valorisées pour elles-mêmes, par des normes juridiques qu'une autorité centrale fait respecter ou tout simplement par les intérêts en place qui convergent spontanément et de façon décentralisée vers la mise en vigueur des règles assurant la protection des valeurs accumulées ?

L'analogie entre la science et le marché nous indique une piste de recherche qui me semble peu explorée à ce jour. On a vu que dans un contexte de libre association et de libre entreprise, les agents quasi autonomes ne s'en remettent pas seulement au marché mais effectuent également une bonne proportion de leurs échanges à l'intérieur de divers arrangements contractuels et organisationnels qui permettent d'éviter certains des obstacles à la coopération que les marchés et le centralisme juridique ne lèvent pas. Qu'en est-il dans la science ? Les équipes de recherche sont-ils dans le même rapport à la science ouverte que les entreprises le sont au marché ? Les entreprises échangent leurs intrants et leurs extrants sur les marchés ouverts, mais ferment les échanges qui permettent de passer des uns aux autres. De même, les équipes de recherche échangent leurs intrants et leurs extrants dans la science ouverte, mais referment sur elles les échanges qui permettent de passer des premiers aux seconds. Le fait que la recherche se fasse souvent en équipe ne vient pas réduire l'importance du rôle de la science ouverte, pas plus que l'existence d'entreprises ne vient réduire l'importance des marchés. Les équipes sont en concurrence dans la science ouverte, les entreprises sont en concurrence dans le marché⁵⁵².

⁵⁵² Les équipes sont en concurrence pour obtenir le crédit pour une découverte particulière. Hagstrom (1965, p. 70) : « *Competition results when two or more scientists or groups of scientists seek the same scarce reward—priority of discovery and the recognition awarded for it—when only one of them can obtain it* ».

Pourquoi les scientifiques peuvent-ils avoir besoin de collaborer et de travailler en équipe⁵⁵³ ? Si un scientifique peut avoir accès aux travaux des autres en lisant ce qui se publie et en assistant aux rencontres qui réunissent les contributeurs à son champ de recherche, pourquoi s'associerait-il à quelqu'un d'autre⁵⁵⁴ ? La question est d'autant plus pertinente qu'en ne communiquant avec ses pairs que par la voie de la publication, il assure son droit de propriété intellectuelle exclusif sur ses découvertes. Pourquoi courir le risque de collaborer avec un collègue qui pourrait réussir à lui voler ses travaux et en obtenir tout le crédit ? On peut imaginer des raisons de coûts, de capacité et de rapidité de production. Les projets qui nécessitent de gros équipements et une batterie de techniciens de haut niveau tels les accélérateurs de particules et les observatoires astronomiques reposent souvent sur des organisations⁵⁵⁵. Une explication à la Williamson peut peut-être expliquer le phénomène. On peut imaginer qu'un accélérateur de particules est constitué par de nombreux actifs spécialisés qui ne peuvent pas facilement être réinvestis ailleurs. Ceux qui apportent ces actifs veulent avoir des garanties, ce que peut apporter une organisation. Par ailleurs, si un projet de recherche nécessite différentes compétences et de nombreux ajustements mutuels, il peut être beaucoup plus rapide de mener la recherche en étroite collaboration plutôt que par l'intermédiaire de la science ouverte. En une heure d'interaction, une équipe de

⁵⁵³ Hagstrom (1965, p. 70) définit la collaboration comme suit : « *Collaboration occurs when two or more individuals consciously co-operate in seeking a scarce reward and share it, if and when it is obtained. In science this usually means joint authorship of publications announcing discoveries and shared recognition for them* ».

⁵⁵⁴ Hagstrom (1965, p. 111) : « *The scientific worker may search through the literature for solutions he cannot himself obtain and, when he find them, credit the donors for their contributions in his published research* ».

⁵⁵⁵ Hagstrom (1965, p. 140) : « *Just as the modern corporation has supplanted free partnership and apprenticeship in industry, so a more complex form of organization may be supplanting free collaboration and the professor-student association in science. Both changes involves the development of a more complex form of organization, the separation of the worker from the tools of production, and greater centralization of authority. Three factors lead to these results. First, scientific facilities are becoming far more expensive, and access to them and to research grants has become a critical problem to many scientists. Second, more research is done in "interdisciplinary" areas requiring the skills of persons from two or more disciplines. Third, modern scientific techniques and instruments require skills beyond those of a single individuals; scientists now require the technical assistance of persons with a doctoral degree or its equivalent* ».

quatre personnes peut produire facilement 2 000 énoncés qui agissent les uns sur les autres⁵⁵⁶. La rapidité relative du travail en équipe fermée pourrait conférer un avantage compétitif aux membres de l'équipe, et ce même lorsqu'un scientifique pourrait en principe accomplir la tâche seul⁵⁵⁷. La collaboration pourrait également être tout simplement impossible à réaliser dans la science ouverte de la même façon que tous les échanges ne sont pas possibles dans un marché. Dans la science ouverte comme dans le marché, on ne peut échanger ce dont on ne peut établir la valeur. C'est le critère de bénéfice réciproque dont j'ai discuté dans le chapitre 8. Les périodiques scientifiques ne publieront pas des énoncés dont personne n'arrive à établir la valeur, ou dont la valeur semble très faible. L'organisation, qui repose plutôt sur un critère de viabilité globale, permet la réalisation de très nombreux échanges dont il est très difficile d'évaluer la valeur, mais qui, pris dans leur ensemble, permettent la réalisation d'une tâche collective autrement impossible à réaliser. Les processus d'ajustements mutuels qui prennent place dans l'entreprise et dans l'équipe de recherche sont probablement composés en partie de tels échanges dont la valeur reste indéterminée. Que valent chacune des milliers de remarques, d'informations, de suggestions et d'objections que peuvent s'échanger les membres d'une équipe de recherche, il n'est pas toujours possible de le dire, même une fois le projet complété. Évidemment, les échanges qui ne sont pas réalisés en fonction du critère de bénéfice réciproque, mais selon le principe de la viabilité globale, sont bien plus sujets au problème de la coopération parce qu'ils s'étendent dans le temps. Ils consistent à mettre en commun les contributions de chacun, c'est-à-dire que chacun abdique ses droits de propriété sur la plupart de ses énoncés en échange d'un droit de propriété partagé avec ses coéquipiers sur l'ensemble du travail de l'équipe. Tant que l'équipe n'a pas publié le résultat de ses travaux, il y a un risque que l'un des membres de

⁵⁵⁶ Voir l'annexe de mon mémoire de maîtrise, Dupuis (1996).

⁵⁵⁷ Hagstrom (1965, p. 111) : « *although a scientist may possess the skills necessary for all parts of his task, the task may require simultaneous efforts by more than one individual. Even if such simultaneous efforts by more than one individual are not absolutely essential from a technical standpoint, they may speed up the work that they prove essential from a competitive standpoint* ».

l'équipe tente de s'approprier pour lui seul le travail de tous, et d'en tirer tout le crédit. Les équipes de recherche utilisent probablement différentes méthodes pour régler ce problème de coopération, dont celle qui consiste à se constituer sur la base de relations personnelles.

Chapitre 12

Une conception sociocognitiviste de l'organisation

12.1 Introduction

Grâce aux contributions de Simon et surtout de March et Simon, la théorie sociocognitiviste de l'organisation bureaucratique nous fournit une référence importante pour comprendre les compétences collectives dans la perspective des sciences de la cognition⁵⁵⁸. Ces auteurs ont mobilisé le cadre conceptuel et formel des sciences de la cognition pour théoriser la construction et la mise en œuvre des compétences de l'organisation bureaucratique. Comment les entreprises et les organisations en général utilisent-elles leurs connaissances pour guider leur action, c'est-à-dire sélectionner un chemin dans l'espace de leurs tâches ? Quels processus construisent ces connaissances ? Quelles sont les places respectives de la planification et de l'ordre spontané dans ces processus ? Quelles procédures et quelles machines sociales sont responsables des compétences collectives des organisations ? Les principales réponses que j'aborderai dans ce chapitre sont : les programmes et la résolution de problème de March et Simon ; les processus d'ajustements mutuels de Burns et Stalker ; les théories de l'action d'Argyris et Schön ; l'auto-organisation selon Weick ; les routines de Nelson et Winter ; le système computationnel socioculturel de Hutchins⁵⁵⁹.

⁵⁵⁸ Je fais référence ici à Simon (1947/1957) et à March et Simon (1958).

⁵⁵⁹ Voir Argyris et Schön (1974, 1978), Burns et Stalker (1961), Hutchins (1995), Nelson et Winter (1982), Weick (1979).

12.2 L'organisation comme processus d'acquisition et d'utilisation de connaissances

March et Simon expliquent les compétences collectives par les programmes qui les mettent en action. Ces programmes plus ou moins complets définissent les situations et guident l'action en fonction de cette définition : « *Most behavior, and particularly most behavior in organizations, is governed by performance programs*⁵⁶⁰ ». On reconnaît là l'influence de l'intelligence artificielle naissante à l'époque. Voici l'exemple d'un programme simple qu'ils nous proposent :

“1. When material is drawn from stock, note whether the quantity that remains equals or exceeds the buffer stock. If not:

“2. Write a purchase order for the specified order quantity”⁵⁶¹.

La première étape permet de définir la situation, la deuxième d'agir en fonction de cette définition. Des programmes plus élaborés incorporent de multiples embranchements conditionnels. Il n'existe pas toujours un programme complet et adéquat pour tous les contextes. Un programme peut ne porter que sur des buts et des relations moyens-fins généraux, laissant indéterminés les moyens détaillés pour réaliser ces buts. Cette indétermination peut être utile pour l'adaptation à des conditions concrètes fluctuantes, par exemple. Le processus de production incorpore alors des activités de « résolution de problème » ou d'apprentissage. Dans la perspective de March et Simon, cette « résolution de problème » est caractérisée par une recherche des options ouvertes à l'action et des conséquences de l'action. L'option sélectionnée doit respecter un ensemble de critères définissant un résultat satisfaisant dans le

⁵⁶⁰ March et Simon (1958), p. 142.

⁵⁶¹ March et Simon (1958), p. 146.

contexte du programme en cours. Cet ensemble de critères n'est pas nécessairement donné *a priori*, il est souvent lui-même le résultat de processus programmés, en particulier de la définition de la situation, et doit être ajusté en fonction des résultats du fonctionnement de ces programmes. Les processus de production de l'action se situeraient sur un continuum qui s'étendrait du programme complet et « routinisé », jusqu'au programme entièrement construit sur mesure pour une action donnée, avec tous les intermédiaires possibles dans la quantité de résolution de problème nécessaire pour ajuster ou compléter un programme existant en fonction du contexte de l'action.

Les programmes se coordonnent en grande partie sous la forme de hiérarchies, les programmes d'un niveau donné ayant pour fonction de mettre en route, de modifier ou de combiner les programmes du niveau du dessous. C'est parce que les programmes d'un niveau donné travaillent essentiellement à l'intérieur de l'espace d'action constitué par les programmes existants des niveaux inférieurs et supérieurs qu'ils n'excèdent pas les capacités des individus, malgré l'ampleur de la tâche effectuée par l'organisation dans son ensemble. L'organisation logique de ces environnements de programmes consiste en une hiérarchie de buts et de sous-buts. Les programmes d'un niveau donné « utilisent » les programmes des autres niveaux, ou les produits de l'exécution de ces programmes, comme « moyens » dans la définition de « leur » propre situation. De cette façon, il devient possible de mobiliser et coordonner un ensemble important de connaissances sans jamais que l'ensemble de ces connaissances ne doive être manipulé par un seul individu. D'où la capacité potentielle de construire et de manipuler une représentation de l'espace de la tâche dépassant de loin les possibilités d'un seul individu.

Comment se construit cette organisation de programmes ? Chez March et Simon, le processus de construction de connaissances prend la forme d'une résolution de problème. Il y aurait deux types de résolution de problème ou de délibération. Il y aurait d'abord la résolution reproductive qui consisterait à

trouver dans la mémoire collective une solution en grande partie préconstruite. Il y aurait ensuite la résolution productive, qui consisterait en la construction d'une solution en bonne partie inédite, sous la forme de nouveaux programmes, ou de nouveaux répertoires de programmes, à partir de composantes élémentaires existantes. Les activités programmées propres aux processus d'utilisation de connaissances mettraient surtout en action une résolution de problème du premier type, tandis que les activités non programmées nécessiteraient au contraire une forte proportion de résolution du deuxième type. L'agent fait face aux mêmes limitations dans ses actions de résolution de problème que dans toute autre action. Il ne peut aborder les problèmes complexes que partie par partie, en les décomposant. La difficulté est d'effectuer cette décomposition de telle façon que le tout soit doté des propriétés souhaitées. Selon March et Simon, c'est d'abord par une décomposition hiérarchique de relations moyens-fins (*means-end analysis*) que cela peut se faire. Cette décomposition est constituée par des approximations successives de plus en plus détaillées et précises des moyens à utiliser pour arriver au but souhaité. Voici comment ils décrivent cette méthode :

*(1) starting with the general goal to be achieved, (2) discovering a set of means, very generally specified, for accomplishing this goal, (3) taking each of these means, in turn, as a new subgoal and discovering a set of more detailed means for achieving it, etc.*⁵⁶².

Cette décomposition descend dans une branche donnée de l'arborescence jusqu'à ce qu'elle atteigne le niveau où il existe déjà des programmes pouvant être utilisés comme moyens pour réaliser le sous-but du niveau supérieur. Il y a de cette façon réduction du non-programmé au programmé, de l'inconnu au connu. Ce connu ou ce programmé dépasse souvent le seul cadre de l'entité organisationnelle. Ces moyens « premiers » pour l'organisation peuvent être les métiers et les professions, ou plus généralement la production des autres agents

⁵⁶² March et Simon (1958), p. 191.

économiques, ils relèvent alors de la division sociale du travail rendue possible par le marché.

En bref, ce qui caractérise les processus d'utilisation de connaissances, ce sont le programme et la décomposition hiérarchique de l'espace d'action, qui sont les éléments centraux du système de production de l'action de l'organisation bureaucratique. Ce système d'action est composé par les actions de tous les individus, actions modelées par les échanges interindividuels. Les processus de construction de connaissances prennent la forme d'une quête de programmes ou de répertoires plus complets et mieux organisés, ou de nouveaux programmes et répertoires. Cette quête est comprise comme la mise en action de processus de résolution de problème. Dans ces processus, la décomposition fonctionnelle de type « *means-ends analysis* » est la méthode de recherche la plus courante.

12.3 Les ambiguïtés de la proposition de March et Simon

Cette conception de l'organisation bureaucratique comme processus programmés et résolution de problème permet d'expliquer l'existence de celle-ci par sa compétence à mobiliser une représentation du milieu plus large, plus profonde et plus puissamment régulatrice des échanges avec le milieu que ne peut le faire un individu isolé. Si la connaissance apporte une compétence appropriée dans un milieu donné, alors l'interprète peut se la représenter sous la forme d'une théorie des rapports entre les actions de l'agent et le milieu, une théorie de cette compétence. L'interprète projette cette théorie sur l'organisation pour expliquer sa compétence. Pour qu'il n'y ait pas explosion combinatoire de la complexité de l'espace de la tâche que chacun des individus contribuant à l'organisation doit maîtriser, ces théories doivent être réalisées sous la forme de systèmes quasi décomposables. L'espace de la tâche y est alors décomposé en plusieurs sous-espaces relativement cloisonnés. Ce sont des caractéristiques de l'organisation à la March et Simon.

La proposition de March et Simon est clairement apparentée au cadre d'interprétation téléoreprésentationnel et à son encadrement conceptuel et formel par les sciences de la cognition. Il y a évidemment de nombreuses ambiguïtés dans cette proposition, qui tiennent peut-être de l'état encore balbutiant à l'époque de ce cadre conceptuel que March et Simon mobilisent. On distinguait mal à l'époque les différentes strates interprétatives et explicatives. On distinguait mal le niveau de la théorie de la compétence du niveau du programme, qui réalise concrètement la théorie de la compétence, et qui est relié par l'interprète à la théorie de la compétence par une opération de désinterprétation-réinterprétation plus ou moins poussée. Cette confusion dans les niveaux de propriétés et d'explication apparaît dans ce que même si une entreprise ou un organisme bureaucratique fonctionne peut-être effectivement à un certain niveau d'abstraction comme March et Simon le soutiennent, cela n'implique pas que les individus s'entendent consciemment, volontairement et explicitement pour s'organiser de cette façon. En d'autres mots, la modélisation sous forme de relations de moyens à fins, de programmes et de résolution de problème peut très bien jeter un éclairage sur le fonctionnement et la compétence des entités organisationnelles même si les individus utilisent d'autres systèmes de signification dans l'action, donnent un autre sens à leurs actions. La compétence collective se comprend alors par une opération de réinterprétation de ces significations utilisées par les acteurs individuels sur un plan praxéologique collectif.

Plusieurs raisons expliquent cette fusion de plusieurs strates en une seule. D'abord, si l'on ne voit que l'individu comme source possible de signification et de structuration rationnelle dans l'organisation bureaucratique, alors il est clair qu'il n'est légitime de parler de significations praxéologiques que si les individus « pensent » des relations de moyens à fins et « évaluent » les rendements qu'offrent ces relations. Les critiques feront d'abord valoir que les individus ne dirigent pas toutes leurs actions à l'aide des catégories de la

praxéologie, mais qu'ils le font également à l'aide des significations morales, esthétiques, logiques et autres. Ils feront ensuite valoir qu'il est problématique de voir l'entité organisée comme un agent praxéologique cohérent parce que les « buts » de celui-ci doivent se définir en fonction des buts de ses membres, de certains ou de tous. Or, comme les intérêts des individus divergent, leurs buts risquent de diverger aussi, ce qui limite fortement la possibilité de tout accord sur les buts collectifs. Cette critique découle directement de cette tendance à ne voir des significations que dans l'esprit des individus : les buts de l'entité organisée ne peuvent être que les buts des individus, puisque seuls des individus peuvent avoir des buts⁵⁶³. Ce que les chapitres précédents suggèrent, c'est plutôt de considérer les significations praxéologiques comme un cadre d'interprétation qui permet à l'interprète de rendre compte des propriétés des systèmes finalisés. En d'autres mots, rien ne nous oblige à ne voir des buts collectifs que sous la forme d'une composition plus ou moins (in)cohérente de buts individuels.

Le fait que l'individu humain est un interprète de premier plan explique en partie la tendance naturelle au télescopage des strates téléoreprésentationnelles et procédurales. L'individu humain contemporain tend à interpréter ses propres conduites avec les catégories de la praxéologie : fin, moyen et rendement. Il a tendance à raisonner les procédures qu'il utilise et à les bâtir explicitement comme des relations de moyens à fins. Ses programmes ressemblent alors à des théories de l'action parce qu'ils manipulent directement des significations téléoreprésentationnelles. Il n'en demeure pas moins que l'interprétation téléoreprésentationnelle demeure légitime même si l'agent qui présente une compétence n'interprète pas lui-même ses actions dans le cadre téléoreprésentationnel. La légitimité des interprétations téléoreprésentationnelles ne vient pas d'une auto-interprétation téléoreprésentationnelle de la part de l'interprété ! Par souci de bonne méthode, il faudrait prendre l'habitude de toujours penser sous la forme d'une opération de désinterprétation-

⁵⁶³ C'est la position adoptée par Cyert et March, 1963, dans l'élaboration qu'ils ont fait de certains thèmes de March et Simon (1958). J'y reviens plus loin dans ce chapitre.

réinterprétation le rapport entre les significations « mentales » projetées sur les individus et les significations collectives projetées sur l'agent collectif, par exemple, les connaissances et les buts individuels d'un côté et les connaissances et les buts collectifs de l'autres.

12.4 La construction des compétences collectives

Une question doit être abordée. Les processus de résolution de problème propres à la construction des programmes selon March et Simon sont-ils compatibles avec une décomposition hiérarchique de l'espace d'action qui permet la spécialisation ? Est-ce qu'une même machine sociale peut être à la fois caractérisée par ses processus de résolution de problème et par une décomposition hiérarchique stable de son espace d'action ? Si c'est par résolution de problème que se construisent les programmes, la question est de savoir si l'organisation bureaucratique a les compétences nécessaires pour se construire elle-même. La même machine sociale peut-elle à la fois refléter la décomposition d'un espace d'action et entretenir des processus de résolution de problème importants ?

Une façon d'aborder la question de la place de la résolution de problème dans l'organisation bureaucratique est de tenter de comparer la théorie des systèmes de construction et d'utilisation de connaissances que nous proposent March et Simon et celle que nous avons vue dans les chapitres précédents. Est-ce le même type de système, mettant en action les mêmes méthodes sous la forme des mêmes procédures et aptes à accomplir le même type de tâche ? March et Simon mettent l'accent sur la décomposition hiérarchique des espaces d'action. La science et la marché réalisent aussi une telle décomposition. La tâche de comprendre le monde, par exemple, est divisée en champs de recherche distincts, dont plusieurs sont organisés en disciplines. L'exploration de chaque champ de recherche constitue une portion de la tâche globale. Les champs se recourent plus ou moins et entretiennent plus ou moins d'interactions entre

eux⁵⁶⁴. C'est bien ce qu'entend Simon par système hiérarchique : « *By a hierarchic system, or hierarchy, I mean a system that is composed of interrelated subsystems, each of the latter being in turns hierarchic in structure until we reach some lowest level of elementary subsystem*⁵⁶⁵ ». Un système hiérarchique est quasi décomposable lorsqu'il existe des interactions entre les sous-systèmes mais que celles-ci demeurent nettement plus nombreuses ou plus intenses à l'intérieur des sous-systèmes qu'entre eux. Dans la science comme dans l'organisation bureaucratique, la décomposition hiérarchique de l'espace d'action permet la spécialisation. Qu'est-ce qui les distingue alors ? Probablement la place que prend la recherche, l'exploration, la résolution de problème par rapport aux activités qui nécessitent peu de recherche. Peut-être l'organisation bureaucratique est-elle plus un système d'utilisation de connaissances qu'un système de construction de connaissances ?

Une façon de voir ce qui distingue la science et l'organisation bureaucratique est peut-être de se référer à la distinction introduite par Gouldner entre deux types de bureaucratie⁵⁶⁶. Le premier type est la bureaucratie autoritaire dans laquelle les règles sont imposées unilatéralement par une autorité à laquelle les individus doivent obéissance. Le deuxième type est la bureaucratie démocratique où les règles sont établies sous la forme d'un consentement mutuel entre des individus égaux⁵⁶⁷. Dans le premier cas, la règle

⁵⁶⁴ Ce sont les nécessités imposées par les méthodes d'ajustement mutuel qui donnent cette forme à la science. L'ajustement par « consultation » n'est possible que si elle est limitée, que si chaque scientifique n'a pas à s'ajuster à l'ensemble des propositions dans tous les champs de recherche. De même, l'ajustement par « persuasion » n'est possible que dans les domaines où il y a une communauté de scientifiques dont les membres assument les rôles d'avocat, de jury et de public averti. Certaines caractéristiques des sciences viennent du rôle joué par les universités et par les organismes publics de financement dans son fonctionnement. Ceux-ci et celles-là introduisent des éléments d'organisation bureaucratique dans la science qui ne relèvent pas des méthodes de construction de connaissances que nous avons vues dans le chapitre précédent et qui peuvent même empêcher leur fonctionnement.

⁵⁶⁵ Simon (1996), p. 184.

⁵⁶⁶ Alvin W. Gouldner (1954), *Patterns of Industrial Bureaucracy*, The Free Press.

⁵⁶⁷ Je n'ai pas repris telles quelles les expressions choisies par Gouldner pour nommer ses deux types de bureaucratie. Voici comment Gouldner (1954, p. 24) les présente : « *Weber seems to have been describing implicitly not one but two types of bureaucracy. One of these may be termed the "representative" form of bureaucracy, based on rules established by agreement, rules which are technically justified and administered by specially qualified personnel, and to*

est une fin en elle-même qui n'a pas à être discutée par ceux qu'elle concerne. Dans le second cas, la règle est formulée, discutée et évaluée par ceux qu'elle concerne⁵⁶⁸. Elle est un moyen dans l'atteinte d'une fin commune. Les propriétés de ces deux formes d'organisation risquent d'être fort différentes. Dans la forme autoritaire, les connaissances et informations des subordonnés contribuent de façon limitée à la constitution de l'espace d'action. Seules les connaissances et les informations que peut mobiliser le « supérieur » organise l'espace d'action de ses subordonnés. Ceux-ci sont sévèrement limités dans l'exploration qu'ils peuvent faire et les innovations qu'ils peuvent apporter parce que la coordination d'ensemble nécessite qu'ils s'en tiennent aux plans préétablis. Rien n'est fait pour susciter leur contribution à la conception et au découpage de l'espace d'action. Au contraire, dans la forme démocratique tous les individus peuvent contribuer à la constitution de l'espace d'action par un véritable travail collectif. Plus de connaissances et d'informations peuvent donc en principe y être mobilisées. Plus de pistes peuvent y être envisagées.

On peut peut-être associer les deux formes de bureaucratie de Gouldner aux deux « systèmes de gestion » que Burns et Stalker ont mis en lumière⁵⁶⁹. L'organisation mécaniste correspondrait à la bureaucratie autoritaire alors que l'organisation organique serait une forme extrême de la bureaucratie démocratique. Dans l'organisation mécaniste pure, la direction est responsable de la division des tâches en postes distincts, elle choisit les méthodes de travail et les responsabilités associées à chaque poste. Seules les connaissances et informations de la direction président au choix et à la décomposition de la tâche à laquelle se consacre l'organisation. Un supérieur supervise le travail de ses subordonnés. Ses décisions et ses ordres organisent leur travail⁵⁷⁰. À la

which consent is given voluntarily [...] A second pattern which may be called the "punishment-centered" bureaucracy, is based on the imposition of rules, and on obedience for its own sake ».

⁵⁶⁸ Gouldner (1954, p. 221) : « *in this pattern the worker had some measure of control over the initiation and administration of the rules* ».

⁵⁶⁹ Tom Burns et G.M. Stalker (1961), *The Management of Innovation*, Tavistock Publications.

⁵⁷⁰ Burns et Stalker (1961, p. 5) : « *In mechanistic systems the problems and tasks facing the concern as whole are broken down into specialisms. Each individual pursues his task as something distinct from the real tasks of the concern as a whole, as if it were the subject of sub-*

décomposition hiérarchique de l'espace d'action de March et Simon est associée une hiérarchie d'autorité. À chaque niveau de cette hiérarchie, les individus travaillent à l'intérieur des cadres fixés par le niveau supérieur. La direction et la ligne hiérarchique définissent les tâches de chacun de telle façon que toutes les sous-tâches à accomplir soient bien attribuées à au moins un poste, et que les postes soient tous ajustés les uns aux autres et à la tâche d'ensemble. Burns et Stalker défendent l'idée qu'une telle forme d'organisation ne peut fonctionner que dans des conditions stables et qu'elle est inappropriée dans des conditions changeantes où apparaissent sans cesse des problèmes nouveaux et non anticipés. On pourrait traduire cette proposition dans le cadre qui est le nôtre ici en disant que cette forme d'organisation n'est pas compétente dans l'accomplissement de toutes les tâches. Elle ne peut être compétente que pour les tâches déjà bien connues et bien définies par ceux qui ont à les accomplir. C'est la forme d'organisation organique qui manifesterait le plus de compétence dans les tâches complexes qui comportent une bonne part d'exploration dans l'inconnu et qui ne peuvent être décomposées *a priori*⁵⁷¹.

Les caractéristiques de l'organisation organique telles qu'elles sont définies par Burns et Stalker sont révélatrices du rôle que joue l'ajustement mutuel dans la réussite de ce type de tâche et de la parenté de ce type d'organisation avec la science⁵⁷². L'autorité hiérarchique y est supplantée par la

contract. 'Somebody at the top' is responsible for seeing to its relevance. The technical methods, duties, and powers attached to each functional role are precisely defined. Interaction within management tends to be vertical, i.e., between superior and subordinate. Operations and working behaviour are governed by instructions and decisions issued by superiors. This command hierarchy is maintained by the implicit assumption that all knowledge about the situation of the firm and its tasks is, or should be, available only to the head of the firm ».

⁵⁷¹ Burns et Stalker (1961, p. 121) : « *The organic form is appropriate to changing conditions, which give rise constantly to fresh problems and unforeseen requirements for action which cannot be broken down or distributed automatically arising from the functional roles defined within a hierarchic structure* ».

⁵⁷² Voici certaines de ces caractéristiques telles que les décrivent Burns et Stalker (1961, p. 121) : « (c) *the adjustment and continual re-definition of individual tasks through interaction with others;*

(d) the shedding of 'responsibility' as a limited field of rights, obligations and methods [...]

(f) a network structure of control, authority, and communication. The sanctions which apply to the individual's conduct in his working role derive more from presumed community of interest with the rest of the working organization in the survival and growth of the firm [...]

libre discussion et la prise en compte des arguments de chacun. De nombreux problèmes imprévus et de nature variée peuvent apparaître et compromettre les plans. Il faut que le plus de gens compétents possible réfléchissent aux problèmes qui se posent dans le projet entrepris, et en discutent, parce que comme personne ne sait quels problèmes se présenteront, personne ne sait d'avance qui sera en possession de connaissances et d'informations pertinentes et qui pourra faire une contribution à la réalisation du projet⁵⁷³. Toute personne qui peut posséder des compétences pertinentes doit avoir droit de parole et de décision dans le projet⁵⁷⁴. Face à une difficulté, c'est par la discussion entre égaux et un accord des esprits qu'une solution est trouvée, et non par décret autoritaire⁵⁷⁵. Les fonctions de chacun ne sont pas définies précisément par la direction dans l'organisation organique puisque la tâche d'ensemble n'est pas entièrement connue et décomposable en postes comme dans l'organisation mécaniste. C'est par des processus continuels d'ajustements mutuels dans le cours même du travail que les tâches de chacun sont définies en fonction des compétences pertinentes pour le projet en cours⁵⁷⁶. Les responsabilités sont attribuées par consensus en fonction des compétences reconnues de chacun⁵⁷⁷.

(g) omniscience no longer imputed to the head of the concern; knowledge about the technical or commercial nature of the here and now task may be located anywhere in the network; this location becoming the ad hoc centre of control authority and communication;

(h) a lateral rather than vertical direction of communication through the organization, communication between people of different rank, also, resembling consultation rather than command;

(i) a content of communication which consists of information and advice rather than instruction and decision;

(j) commitment to the concern's tasks and to the 'technological ethos' of material progress and expansion is more highly valued than loyalty and obedience;

(k) importance and prestige attach to affiliations and expertise valid in the industrial and technical and commercial milieux external to the firm ».

⁵⁷³ Un directeur interviewé par Burns et Stalker (1961, p. 90) affirme que : « *all decisions are taken in the full knowledge of what other people think and of what they are doing. Similarly, they know about your decisions and what you are up to* ».

⁵⁷⁴ Ce caractère démocratique apparaît le plus clairement sous la forme de comités. Burns et Stalker (1961, p. 88) : « *The constitution of a committee implies, in common usage, that each member enjoys an equal right to speak his mind on decisions and motions subjects to the chairman's casting vote* ».

⁵⁷⁵ Une personne interviewée par Burns et Stalker (1961, p. 91) affirme que : « *When enough people are brought into it, problems settle themselves. Practically every question is settled logically (sic), not on somebody's authority* ».

⁵⁷⁶ Burns et Stalker (1961, p. 92) : « *When the position of product engineer was created, for example, the first incumbents said they had to 'find out' what they had to do, and what authority*

On pourrait soutenir que March et Simon (1958) nous expliquent que les tâches bien connues peuvent être accomplies efficacement par un algorithme déterministe alors que pour accomplir les tâches mal connues, il faut faire appel à des heuristiques de résolution de problème⁵⁷⁸. La question est de savoir si la même machine sociale est apte à mettre en action tout le continuum des procédures d'action que nous avons vu dans le chapitre 3, qui va des heuristiques de tâtonnement par essais et erreurs jusqu'à l'algorithme déterministe. Dans leur ouvrage classique, Lawrence et Lorsch ont soutenu clairement la position que j'ai présentée dans les chapitres 3 et 4 qu'une même machine peut difficilement être efficace dans l'accomplissement d'une grande variété de tâches. Voici comment ils ont exprimé cette idée : « *the essential organizational requirements for effective performance of one task under one set of economic and technical conditions may not be the same as those for other tasks with different circumstances*⁵⁷⁹ ». Dans le même esprit, Stinchcombe a

and resources they could command to do it. In fact, this process of 'finding-out' about one's job proved to be unending. Their roles were continually defined and redefined in connexion with specific tasks and as members of specific co-operative groups. This happened through a perpetual sequence of encounters with laboratory chiefs, with design engineers who had worked on the equipment the product engineers were responsible for getting made, with draughtsmen, with the works manager, with the foremen in charge of the production shops they had to use, with rate-fixers, buyers, and operatives. In every single case they, whose only commission was 'to see the job through', had to determine their part and that of the others through complex, though often brief, negotiations in which the relevant information and technical knowledge possessed by them would have to be declared, and that possessed by others ascertained ».

⁵⁷⁷ Burns et Stalker (1961, p. 122) : « *Positions are differentiated according to seniority—i.e., greater expertise. The lead in joint decisions is frequently taken by seniors, but it is an essential presumption of the organic system that the lead, i.e. 'authority', is taken by whoever shows himself most informed and capable, i.e. 'best authority'. The location of authority is settled by consensus ».*

⁵⁷⁸ March et Simon (1958) utilisent à cet égard un vocabulaire qui peut créer une certaine confusion dans le contexte de la présente thèse. Ils opposent les activités programmées aux activités de résolution de problème. Formulée dans ces termes, cette distinction peut nous laisser perplexe, car dans le cadre conceptuel et formel des sciences de la cognition contemporaines présenté dans le chapitre 3, toute résolution de problème est toujours effectuée par une procédure de recherche mise en action sous forme de programme.

⁵⁷⁹ Lawrence et Lorsch (1967, p. 2). Ils formulent cette idée à plusieurs endroits dans leur ouvrage : « *In this book, we will make a connection between the varying technical and economic conditions outside the organization and the patterns of organization and administration that lead to successful economic performance. We will be seeking an answer to the fundamental question, What kind of organization does it take to deal with various economic and market conditions?* » (p. 1) ; « *Both of these studies suggested that differing technical and economic conditions outside the firm necessitated different organizational patterns within* » (p. 15) ; à

élaboré une théorie selon laquelle les structures sociales des organisations et de leurs composantes diffèrent les unes des autres en fonction de la nature des problèmes de traitement de l'information qu'ils ont à résoudre pour faire face aux incertitudes qui affectent leurs activités⁵⁸⁰. La contribution de Stinchcombe est particulièrement intéressante pour la caractérisation des différentes tâches d'acquisition et de traitement de l'information possibles. Peut-être parce que leur modèle de base est l'organisation bureaucratique, il n'est pas clair que March et Simon nous fournissent tous les moyens nécessaires pour comprendre les machines sociales qui implantent des procédures collectives de « résolution de problèmes », c'est-à-dire des procédures collective de recherche et de construction de connaissances. Burns et Stalker ont fait un pas dans cette direction, suivis par Galbraith, puis par Mintzberg avec sa théorisation des « adhocraties »⁵⁸¹.

12.5 La construction des connaissances au fondement des compétences chez Argyris et Schön

Le problème de la construction des connaissances et compétences collectives a été étudié entre autres sous le thème de l'apprentissage organisationnel. Après Cyert et March, dont je discuterai plus loin, Argyris et Schön ont fait une contribution remarquable à l'étude de ce thème, contribution que je vais mettre en perspective avec celle de March et Simon. Argyris et Schön ont fait des « théories de l'action » le cœur de leur compréhension de

propos des recherches de Joan Woodward : « *economic success was associated with using management practices that suited in specified ways the nature of the various techniques of production* » (p. 190) ; à propos de Chandler : « *Throughout his study Chandler makes it clear that he sees different kinds of organization as necessary for coping effectively with different strategies and environments* » (p. 196). Lawrence et Lorsch se situent clairement dans la perspective des systèmes artificiels de Simon lorsqu'ils écrivent : « *Before we could begin our examination, we had to learn what demands this environment place on organizations within it* » (p. 24).

⁵⁸⁰ Stinchcombe (1990).

⁵⁸¹ Galbraith (1973), Mintzberg (1979).

l'action et de l'organisation⁵⁸². Ils ont tenté d'établir une distinction entre théorie en usage et théorie explicite, qui a deux mérites. Elle est une reconnaissance de l'importance du cadre téléoreprésentationnel pour comprendre les conduites d'un agent plus ou moins compétent dans la réalisation d'une tâche. Elle ouvre également la possibilité que les significations conscientes ne soient pas nécessairement équivalentes aux théories qui expliquent la compétence d'un agent⁵⁸³. Voici comment Argyris et Schön expliquent ce qu'ils entendent par « théorie de l'action » : « *A full schema for a theory of action, then, would be as follows: in situation S, if you want to achieve consequence C, under assumptions $a_1...a_n$, do A*⁵⁸⁴ ». Une théorie de l'action est donc une proposition sur la façon de réussir une certaine action dans un certain contexte. Il y a donc une différence entre les « *theories of action* » d'Argyris et Schön et les programmes de March et Simon. Ces derniers ne contiennent pas nécessairement de référence explicite au but poursuivi par l'agent. Les programmes sont de la forme : « dans la situation A, effectuer B ; dans la situation A' effectuer B' ». La condition d'application « situation A » peut contenir la représentation d'un but, mais ce n'est pas nécessaire. Le programme possède bien une finalité, mais celle-ci peut-être implicite et relever d'une autre strate de significations, celle de l'espace d'action. Pour comprendre un programme, il faut l'interpréter comme la réalisation d'un chemin dans un espace d'action. De même, une théorie de l'action ne sera véritablement explicative d'une compétence que lorsqu'elle aura été reconstruite ou observée sous forme de programme.

Je pense qu'il est possible de soutenir que les relations moyens-fins de l'organisation de March et Simon sont celles des théories en usage d'Argyris et

⁵⁸² Argyris et Schön (1974, 1978). Voir Dupuis (1996) pour une étude plus approfondie de ces ouvrages.

⁵⁸³ Argyris et Schön (1978) mentionnent une autre distinction intéressante dans le contexte de la présente thèse. Dans le passage suivant, Argyris et Schön (1978, p. 5) expriment une idée fort proche de celle que j'ai formulée dans le chapitre 1 et selon laquelle la réussite et la compréhension ont des exigences distinctes : « *theories created to understand and predict may be quite different from theories created to help people make events come about* ».

⁵⁸⁴ Argyris et Schön, (1974), p. 6.

Schön. Ces auteurs distinguent les théories en usage, ou implicites, qui gouvernent les conduites des agents, et les théories explicites, qui sont ce que les individus humains disent ou comprennent de leurs propres théories en usage. Ces théories en usage sont à proprement parler la représentation de son espace d'action que possède un agent, telle que l'interprète la projette sur lui pour comprendre ce qu'il veut dire par ses actions. Les théories en usage et les théories explicites ne doivent pas être confondues les unes avec les autres. La réussite dans le monde réel implique la mobilisation d'un réseau de théories qui dépasse indéfiniment la conceptualisation consciente de l'individu humain. Si les hiérarchies de relations moyens-fins de March et Simon sont celles construites et maîtrisées par la conscience d'un individu, ou si la « résolution de problème » est l'œuvre de cette même conscience, alors la proposition de ces auteurs est largement insuffisante. Mais ce n'est pas tout à fait le cas. Simon a répété à plusieurs reprises que les processus de traitement de l'information dont il discute ne se réduisent pas au travail conscient⁵⁸⁵. Ouvrir la porte à une compétence inconsciente, c'est déjà projeter des significations praxéologiques ailleurs que dans la conscience d'un individu. De la même façon que rien ne nous autorise à limiter les significations à la conscience, rien ne nous autorise à les limiter aux procédures inconscientes ou conscientes de l'esprit de l'individu. Nous sommes justifiés de les voir également dans les procédures mises en action dans les organisations, que ces procédures soient des constructions psychogénétiques ou des constructions proprement sociogénétiques.

Le corollaire du raisonnement que je mène dans le paragraphe précédent est que l'individu ne peut être considéré comme la seule source de structuration rationnelle dans l'organisation. La proposition d'Argyris et Schön sur la construction des connaissances organisationnelles achoppe sur ce point, comme

⁵⁸⁵Par exemple : « *The theory of problem solving [...] does not assign any special role to the unconscious—or, for that matter, to the conscious. It assumes, implicitly, that the information processes that occur without consciousness of them are of the same kinds as the processes of which the thinker is aware. It assumes, further, that the organization of the totality of processes, conscious and unconscious, is fundamentally serial rather than parallel in time* », Simon (1966/1977, p. 292). Voir également *Administrative Behavior*.

sur celui plus général des rapports entre les connaissances psychogénétiques et les connaissances sociogénétiques⁵⁸⁶. Comment, et dans quelle mesure, les théories organisationnelles de l'action sont-elles reliées aux théories individuelles de l'action, selon ces auteurs⁵⁸⁷ ? Dans *Organizational Learning*, la réponse d'Argyris et Schön à cette question n'est pas sans ambiguïté. Ils résument leur position par cette phrase : « *Organizational theory-in-use, continually constructed through individual inquiry, is encoded in private images and in public maps*⁵⁸⁸ ». À ce niveau d'abstraction, ils ont certainement en partie raison. Cette proposition peut toutefois mener à deux possibilités. Il est possible d'abord que les images privées et les cartes publiques expriment la théorie en usage dans l'organisation. Il est possible ensuite que seule une action de désinterprétation-réinterprétation puisse nous permettre de décoder la théorie organisationnelle à partir des images individuelles et collectives. Pour établir laquelle de ces deux possibilités est la plus vraisemblable, on doit se questionner sur la nature de cette recherche individuelle et sur la nature des images personnelles et collectives auxquelles ces auteurs font référence. Sur la recherche, ils écrivent :

*Individual members are continually engaged in attempting to know the organization, and to know themselves in the context of the organization. At the same time, their continuing efforts to know and to test their knowledge represent the object of their inquiry. Organizing is reflexive inquiry*⁵⁸⁹.

⁵⁸⁶ Voir Dupuis (1996) sur Argyris et Schön (1978).

⁵⁸⁷ Dans ce passage et les suivants, le lecteur voudra bien convenir que les « théories organisationnelles » sont les propriétés téléoreprésentationnelles que l'interprète projette sur l'agent collectif, les théories que l'entité collective organisée mobilise, alors que les « théories individuelles » sont celles que l'interprète projette sur l'agent individu, les théories que l'individu mobilise. Cette distinction reflète la reconnaissance comme agent de l'individu et de l'entité collective.

⁵⁸⁸ Argyris et Schön (1978), p. 17.

⁵⁸⁹ Argyris et Schön (1978), p. 17.

La question est alors de savoir si les processus et les résultats de cette recherche sont implicites ou explicites ? Ce passage semble faire référence à une démarche explicite de construction de connaissances. Que construit donc cette enquête ? Des théories individuelles implicites ou explicites ? Les théories organisationnelles peuvent-elles être implicites et en même temps s'incarner dans des représentations explicites, issues d'enquêtes réflexives ? L'une des réponses à ces questions est que les représentations individuelles doivent se recouper en un certain nombre d'endroits, et former des représentations collectives partagées par plusieurs individus, sans quoi ceux-ci n'arriveront pas à coordonner leurs actions :

But we could not account for organizational continuity if the cognitive enterprise of organizing were limited to the private inquiry of individuals. Even when individuals are in face-to-face contact, private images of organization erode and diverge from one another. When the task system is large and complex, most members are unable to use face-to-face contact in order to compare and adjust their several images of organizational theory-in-use. They require external references. There must be public representations of organizational theory-in-use to which individuals can refer. This is the function of organization maps. These are the shared descriptions of organization which individuals jointly construct and use to guide their own inquiry⁵⁹⁰.

Un telle réponse ne règle pas tous les problèmes. On peut se demander si ces cartes sont explicites ou implicites. Si elles sont « publiques », on peut présumer qu'elles sont explicites. Mais alors quel rapport y a-t-il entre ces cartes collectives explicites et les théories organisationnelles en usage, qui, selon Argyris et Schön, sont essentiellement implicites ? Argyris et Schön n'ont-ils pas de la difficulté à concilier leur distinction entre des théories de l'action en

⁵⁹⁰ Argyris et Schön, (1978), p. 17.

usage et des théories explicites avec leur conception de l'apprentissage présenté comme une démarche explicite de détection et de correction d'erreurs ? Ne sommes-nous pas en droit, en effet, de nous demander comment un processus d'apprentissage explicite, réflexif, peut construire les théories implicites qui gouvernent les conduites des agents ? Voilà bien le paradoxe qu'on trouve dans les écrits de ces auteurs, résultat d'une incapacité à concevoir l'autonomie de l'agent collectif, peut-être à cause d'une incapacité à imaginer les procédures de recherche pouvant être à l'origine des propriétés téléoreprésentationnelles collectives. On m'objectera qu'on peut très bien expliquer le caractère implicite des théories construites de façon explicite par un phénomène de « routinisation ». Simon évoque cette possibilité dans *Administrative Behavior*. Les théories organisationnelles implicites se réduiraient alors à ce que des individus ont conçu et construit de façon explicite. La difficulté de cette position est que les compétences des collectivités humaines se réduiraient alors à ce que des individus, avec leurs moyens limités, peuvent concevoir et construire consciemment. Or, Simon lui-même nous a appris comment il était possible que les compétences de l'organisation bureaucratique dépassent indéfiniment celles de tout individu. Cette idée que les théories implicites ne sont que des théories explicites conservées sous forme de routines n'est vraisemblable que si l'on sous-estime l'ampleur et la variété des compétences collectives et des connaissances qu'elles nécessitent, et que l'on évacue le problème des structures d'ensemble que nécessitent ces compétences. On évacue alors le problème de la complexité. Dans *Organizations*, March et Simon nous proposent justement une théorie pour expliquer la complexité téléoreprésentationnelle des organisations. Cette théorie met de l'avant une structure d'ensemble, la composition hiérarchique d'un espace d'action dont personne ne peut se faire une représentation d'ensemble. Aucune intelligence « réflexive » centrale ne conçoit ni n'organise l'ensemble des connaissances et des buts de l'organisation de March et Simon.

12.6 Auto-organisation de l'entreprise

Les thèses que nous allons examiner dans la suite de ce chapitre font appel à des systèmes d'ajustements mutuels pour expliquer la genèse et la réalisation des compétences collectives de l'organisation. Avec Weick, il s'agit donc d'élargir nos conceptions des machines sociales possibles avant de revenir au problème plus étroit des machines sociales de construction de connaissances⁵⁹¹.

Weick explique l'organisation comme un système d'ajustements mutuels, ou un système de systèmes d'ajustements mutuels, dont personne dans l'organisation n'a fait la conception d'ensemble. Ce système d'ajustements mutuels met en action des théories implicites que ne se représentent pas nécessairement les individus. Weick fait appel aux systèmes d'interactions de Wallace pour montrer comment une telle chose est possible⁵⁹². Les systèmes d'ajustements mutuels étudiés par Wallace sont ceux qu'il nomme les « *mutual equivalence structures* ». Je vais en faire une brève présentation. Posons d'abord l'existence de deux types de conduites, les conduites instrumentales (les moyens) et les conduites de consommation (les fins), les premières étant la condition d'existence des secondes. Voici comment Weick présente les systèmes d'ajustements mutuels de Wallace :

A mutual equivalence structure comes into existence when my ability to perform my consummatory act depends on someone else performing an instrumental act. Furthermore, my performance of my instrumental act has the function of eliciting the other's instrumental act. If this pattern

⁵⁹¹ Je fais référence à Weick (1979).

⁵⁹² Voir Wallace (1961).

*holds, and if I keep repeating my instrumental act, then the two of us have organized our strivings into a mutual equivalence structure*⁵⁹³.

Ce type de système de coopération possède les caractéristiques nécessaires à l'apparition d'un ordre spontané, ce qui est une condition de possibilité de l'existence d'une théorie organisationnelle implicite dont personne n'a fait la conception. Voici ces caractéristiques :

*[...] a mutual equivalence structure can be built and sustained without people knowing the motives of another person, without people having to share goals, and it is not even necessary that people see the entire structure or know who their partners are. What is crucial in a mutual equivalence structure is mutual prediction, not mutual sharing. To build and sustain such a structure, all you need to know is (1) that a person's behavior in some circumstances is predictable, and (2) that other behaviors can be predictably related to one's own activities*⁵⁹⁴.

Un système d'ordre spontané de ce type peut exister sans que les agents qui le construisent ne connaissent l'ensemble de sa structure. La connaissance pratique qui le rend possible peut n'être possédée par aucun agent en particulier mais seulement par le système dans sa totalité. C'est alors par une opération de désinterprétation-réinterprétation que l'on peut passer des connaissances des individus aux connaissances du système d'ordre spontané qu'ils mettent en action. Les agents peuvent également avoir de ce système des représentations différentes sans que cela ne nuise à son fonctionnement, car plusieurs représentations différentes du système d'interactions peuvent être équivalentes du point de vue de son fonctionnement. Les conditions pour qu'un tel système de coopération puisse entrer en fonctionnement sont peu exigeantes. Wallace en a identifiées trois : (1) les agents qui composent le système doivent savoir que la

⁵⁹³ Weick (1979), p. 98.

⁵⁹⁴ Weick, (1979), p. 100.

possibilité pour eux d'exécuter leurs conduites de consommation dépend de l'exécution par d'autres agents de certaines conduites instrumentales (condition de l'exploitation des possibilité d'interactions) ; (2) les agents doivent également savoir que c'est l'exécution de leurs propres conduites instrumentales qui met en action les conduites instrumentales des autres agents (condition de prévisibilité : un agent doit être capable de prévoir que lorsqu'il exécutera un acte instrumental un autre agent exécutera un acte instrumental correspondant, complémentaire ou réciproque) ; (3) finalement, un système d'ordre spontané de ce type ne peut exister que si les agents exécutent régulièrement leurs conduites, faute de quoi la prévisibilité de ces conduites sera réduite.

12.7 Théories implicites et systèmes sociaux complexes

Le système d'interactions décrit par Wallace peut se complexifier au point de dépasser toute possibilité par les agents d'en saisir la totalité du fonctionnement, et c'est là que sa valeur comme outil de réflexion devient intéressante pour nous, car la démonstration de ce théorème est facile à faire. Soit un système composé par les interactions de deux agents. Supposons que les deux agents A et B doivent utiliser les représentations les plus compliquées qu'ils soient capables de maintenir simplement pour participer à ce système d'interactions. Supposons ensuite que leurs représentations soient différentes, ce qui est probable si le système n'est pas complètement symétrique. La réunion des deux représentations compose alors un système d'interactions dont la complexité dépasse les capacités de représentation des agents individuels. Un corollaire important de ce théorème est que des systèmes d'interactions très complexes peuvent exister sans que les individus qui les réalisent aient à maintenir des représentations du même ordre de complexité :

Wallace arrives at this issue of complexity [...] arguing that equivalence structures can be quite complex yet stable if an individual relies on a few simple rules to sustain a part in them. There is the

*additional assumption that because sharing is unnecessary, people can build more complex structures than any of them can comprehend and these structures can survive*⁵⁹⁵.

Un système social très complexe peut ainsi se constituer et accomplir, sous forme de procédures, une théorie en action que ne « connaissent » pas les agents qui produisent ce système d'ordre spontané. C'est particulièrement évident dans les collectivités d'insectes sociaux pour lesquelles personne n'est tenté d'attribuer les compétences collectives aux actions de conception des fourmis individuelles. Les représentations de chacune des fourmis sont très limitées. Aucune fourmi ne « sait » ce que sait la fourmilière dans son ensemble.

12.8 Vérifications expérimentales

Weick fait appel aux expériences de psychologie sociale portant sur la « situation sociale minimale » pour confirmer les idées de Wallace. La situation sociale minimale est un cadre expérimental dans lequel deux agents n'ayant pas conscience de leur présence réciproque maîtrisent chacun les paramètres très simples de la situation de l'autre. Chacun d'eux est placé en face de deux boutons sur lesquels ils doivent appuyer. L'un de ces boutons apporte à l'autre agent une récompense, alors que le deuxième bouton lui apporte une punition, sans qu'il soit possible pour un agent de savoir lequel de ces deux boutons apporte la récompense ou la punition. La question que les expérimentateurs se posaient à propos d'une telle situation était de savoir s'il était possible, et si oui sous quelles conditions, que les deux agents en arrivent à une solution qui soit avantageuse pour tous deux. Les résultats des expériences montrent que :

[...] persons are able to produce mutually advantageous interactions, a fact that in itself is surprising since the relationship develops “unconsciously (without realization of the relationship),

⁵⁹⁵ Weick (1979), p. 103.

unintentionally (*without deliberately planning to do so*), and tacitly (*without words or speech*)” (Rabinowitz, Kelley, and Rosenblatt 1966, p. 194)⁵⁹⁶.

Dans les années 60, les expérimentateurs ont varié et complexifié les paramètres de réalisation de la situation sociale minimale. Ils ont alors compliqué les relations d'interdépendance entre les agents et introduit une variable temporelle de synchronisation : conduites simultanées, séquentielles, aléatoires, etc. Certaines conditions défavorisent systématiquement l'apparition d'un système d'interactions mutuellement avantageux, probablement parce qu'elles causent une explosion combinatoire dans la recherche d'un tel système. En effet, la nécessité d'une synchronisation temporelle entre plusieurs sous-systèmes gonfle la taille de l'espace de recherche de leur coordination⁵⁹⁷. D'autres conditions permettent l'établissement d'un tel système d'interactions mais seulement à la suite d'une séquence assez compliquée d'interactions. Voilà le phénomène intéressant : les systèmes d'interactions peuvent être très compliqués à suivre et à comprendre pour un observateur, mais être réalisés par les agents à partir de règles de recherche très simples, du type : si la situation est favorable, ne rien changer (continuer à appuyer sur le même bouton), si la situation est défavorable, effectuer un changement (changer de bouton). Une règle de ce type n'utilise qu'un critère de construction local ne représentant pas l'ordre spontané qu'elle contribue à créer, ni la compétence que cet ordre spontané peut mettre en action. Les systèmes d'interactions de ce type pourraient constituer des briques élémentaires dans la construction de systèmes sociaux complexes qui existeraient sans que personne ne comprenne l'ensemble de leur organisation :

⁵⁹⁶ Weick (1979), p. 104. L'article cité par Weick est le suivant : Rabinowitz, L., H.H. Kelley, and R.M. Rosenblatt (1966), « Effects of different types of interdependence and response conditions in the minimal social situation », *Journal of Experimental Social Psychology*, 2, p. 169-197.

⁵⁹⁷ À ce propos, voir Cellérier (1984) p. 348.

*They function with only incomplete knowledge among their inhabitants [...] The coordination is built into simple structures, the assemblage of which creates units more complex than anyone can comprehend. This greater complexity allows these structures to be used to cope with, manage, and resolve issues that are more complex than any participant can visualize or articulate. In this sense the outcomes are truly collective and are not represented in the perceptions of any one actor. Quite dissimilar and quite cryptic cause maps can be sufficient to sustain complicated social entities*⁵⁹⁸.

Weick étend à l'organisation la perspective de l'auto-organisation que Polanyi et Hayek ont défendue dans l'étude de la science, du marché et de l'évolution culturelle. Lorsque des individus tentent de prendre la maîtrise d'un tel système d'ordre spontané ou de le remplacer par une planification d'ensemble, ils utiliseront des théories formulées qui auront toutes les chances de ne pas prendre en compte l'ensemble des connaissances mobilisées par le système et de compromettre ses compétences. À ce sujet, Weick formule le même type de mise en garde que Polanyi et Hayek :

If administrators are overconscientious about trying to plan rationally for the future, they may produce a plan that artificially simplifies the complexity involved and unnecessarily admonishes people to work toward goal consensus and consensus on values. These managerial acts could handicap rather than help a group because members could evolve a more complex structure capable of coping with more complex inputs if they did not have to be explicit about how they plan to cope with information and if they did not have to agree on means and ends. Attempts to make a structure "understandable" to everyone could lead

⁵⁹⁸ Weick (1979), p. 109.

*managers to introduce excessive simplification and limited linkages among people*⁵⁹⁹.

12.9 Connaissances réparties et règles non écrites

Les règles « écrites » prescrites par la direction ne permettent jamais la maîtrise d'un processus de production complexe. Terssac en a fait une belle démonstration dans son étude des grands systèmes de production largement automatisés⁶⁰⁰. Les règles écrites ne peuvent jamais prendre en compte toutes les perturbations qui peuvent survenir dans un processus complexe, ni toutes les informations concrètes sur l'état des installations. C'est la marge d'autonomie des opérateurs qui permet le fonctionnement adéquat des grands systèmes de production automatisés. Cette marge d'autonomie est encadrée par une obligation implicite de résultat : si la direction ne peut maîtriser l'ensemble du processus, elle peut contrôler les résultats. Il en résulte de véritables systèmes d'interdépendance apparentés à ceux qu'étudie Weick. Les règles « écrites » sont toujours complétées ou transformées par des règles non écrites que les opérateurs négocient entre eux et avec l'encadrement⁶⁰¹. Les opérateurs

⁵⁹⁹ Weick (1979), p. 103.

⁶⁰⁰ Terssac (1992), *Autonomie dans le travail*, Presses Universitaires de France. Sur la distinction qu'il fait entre règles écrites et règles non écrites : « Nous proposons de distinguer les règles écrites des règles non écrites ; par règles écrites, on entend l'ensemble des dispositions qui fixent les contraintes du travail et qui s'expriment dans le contrat de travail délimitant les contributions de chacun et leurs rétributions, dans les statuts et enfin, dans les instructions [...] Les règles non écrites correspondent aux solutions d'organisation que mettent en place les exécutants pour réaliser le travail qui leur est demandé » (p. 39).

⁶⁰¹ Terssac (1992, p. 145) : « Il y a bien dans les organisations deux systèmes de règles qui cohabitent sans être tournés l'un contre l'autre. Le système de règles écrites tient ses limites de la prédictibilité relative de l'environnement ; l'incertitude dans le comportement des éléments des systèmes sociotechniques et l'existence de perturbations non prévues obligent les opérateurs à compléter les règles écrites par des règles non écrites. Ce système de règles non écrites ne peut être interprété comme le non-respect des règles officielles : élaborer et mettre en œuvre des règles non écrites, ce n'est pas selon nous commettre une infraction qui pourrait être sanctionnée mais assurer la continuité de la production malgré les incertitudes et les perturbations. Les règles non écrites constituent un système de règles complémentaires du système de règles écrites. La règle non écrite apparaît comme une solution d'organisation orientée vers la fluidité de la production, c'est-à-dire intégrant les obligations de résultat et une solution élaborée en commun par les membres du groupe d'exécution, c'est-à-dire établie sur la base d'un compromis tenant lieu d'accord que les parties en présence s'engagent à respecter ».

disposent très souvent de connaissances concrètes, au sens du chapitre 1, sur l'état des opérations en cours et sur l'état des installations qu'ils peuvent marchander dans ces négociations. L'encadrement n'a d'autre choix que de reconnaître les compétences des opérateurs pour bénéficier des connaissances concrètes qu'ils sont les seuls à posséder. Cette reconnaissance prend la forme d'une participation aux discussions et aux décisions, que les opérateurs utilisent, dans les entreprises étudiées par Terssac, pour augmenter leur connaissance du fonctionnement du système de production, et augmenter ainsi leur propre valeur dans les marchés de l'emploi interne et externe. Dans un système de production complexe, il est impossible de prévoir l'ensemble des problèmes et combinaisons de problèmes possibles. La connaissance concrète de l'état de la production et des installations est nécessairement répartie chez de nombreux individus, ce qui produit des situations d'interdépendance auxquelles ne peut échapper l'encadrement. Les règles non écrites sont le résultat des compromis et des concessions réciproques par lesquels des solutions acceptables sont trouvées à ces situations d'interdépendance des opérateurs entre eux et avec les différents secteurs de l'encadrement (entretien, fabrication, etc.).

12.10 La sociogenèse des compétences des entreprises

Les idées d'ordre spontané et de systèmes d'ajustements mutuels élargissent nos conceptions des machines sociales possibles. Il n'en reste pas moins qu'un ordre spontané n'est pas nécessairement porteur de compétences collectives au sens où il peut accomplir des tâches utiles. La compréhension de la genèse de ces compétences reste donc un problème que nous n'avons pas résolu. Cette genèse est-elle le produit de ce que, depuis Cyert et March, on appelle l'apprentissage organisationnel ? Cyert et March évoquent le phénomène d'apprentissage organisationnel et de mémoire de l'organisation bureaucratique sans vraiment se démarquer de March et Simon. Ils font des procédures d'opération normalisées la principale forme que prend la réalisation concrète des programmes de March et Simon même s'ils soulignent l'existence

d'autres procédures moins officielles dans l'entreprise qui contribuent aussi à la mémoire et à la compétence collectives. On pourrait penser qu'en faisant jouer un rôle aussi important aux procédures officielles instituées par la direction, Cyert et March ne se donnent pas la possibilité de voir ailleurs que dans l'intelligence individuelle des concepteurs de ces « procédures normalisées » la source des compétences de l'entreprise. Toutefois, ces « procédures » étant pour ces auteurs à la fois le résultat de marchandages et de négociations, comme les règles de Terssac, et un héritage tiré du passé de l'entreprise et du milieu culturel, la porte reste ouverte à une véritable construction sociogénétique des compétences de l'entreprise. Il ne manque chez ces auteurs que des procédures collectives aptes à bâtir des compétences, des procédures de recherche dans l'espace des « procédures normalisées », de même qu'une étude des machines sociales qui peuvent mettre en action ces procédures collectives. Il faut dire que l'idée de compétence est négligée dans *A Behavioral Theory of the Firm*, peut-être en réaction contre la science économique orthodoxe qui attribue des compétences extraordinaires à la firme sans se préoccuper un seul instant de mettre au jour les procédures qui pourraient mettre en action de telles compétences. Le problème que nous posent March et Simon reste non résolu chez Cyert et March : quels types de machines sociales peuvent mettre en action la résolution de problème collective par laquelle sont construits les nouveaux « programmes » ?

12.11 Compétences collectives et routines organisationnelles

Nelson et Winter proposent pour leur part de voir dans les « routines » la réalisation des « programmes » de March et Simon. Ce changement de vocabulaire est significatif. Dans l'étude des organisations, on associe les « programmes » aux plans établis et prescrits par la direction. La routine est une organisation de l'action et des interactions qui se perpétue dans le temps.

We use “routine” in a highly flexible way, much as “program” (or, indeed, “routine”) is used in discussion of computer programming. It may refer to a repetitive pattern of activity in an entire organization, to an individual skill, or, as an adjective, to the smooth uneventful effectiveness of such an organizational performance ⁶⁰².

Pour ces auteurs, il n'est pas question de réduire ces routines aux procédures d'opération normalisées décrétées par la direction : « *routine operation is consistent with routinely occurring laxity, slippage, rule-breaking, defiance, and even sabotage. Such behaviors typically violate nominal standards and expectations in an organization, but they do not necessarily violate empirically based expectations* ⁶⁰³ ». Les routines sont des « trêves », nous disent-ils, des compromis négociés comme les règles de Terssac, des solutions particulières et contingentes au problème de la coopération conflictuelle de certains acteurs, pour parler à la façon de Crozier et Friedberg. Elles constituent un ordre sociocognitif stable ⁶⁰⁴ dont l'existence nous est révélé par le fait que les membres de l'entreprise sont rarement surpris des conduites des autres et que l'entreprise n'est pas en processus de dislocation malgré l'existence de ce qui peut sembler être des dysfonctionnements du point de vue des manuels de gestion ou des procédures officielles ⁶⁰⁵. La stabilité des routines vient justement de leur caractère de trêve. Toute tentative de les modifier revient à rouvrir le champ des négociations et des marchandages avec les risques que cela comporte pour les membres de l'organisation de perdre au change. Les routines sont stabilisées sous la pression des intérêts en place dans l'organisation. Elles forment un ordre spontané que nous pouvons rapprocher des systèmes d'interdépendance étudiés par Weick. Comme les systèmes de règles non écrites de Terssac, les routines sont porteuses de compétences collectives. En d'autres

⁶⁰² Nelson et Winter (1982), p. 97.

⁶⁰³ Nelson et Winter (1982), p. 108.

⁶⁰⁴ « *Our general term for all regular and predictable behavioral patterns of firms is “routine.”* » (p. 14). Les règles non écrites chez Terssac ont plutôt un caractère transitoire, temporaire, qui vient de ce qu'elles répondent à des situations concrètes bien particulières.

⁶⁰⁵ Nelson et Winter (1982), p. 108.

mots, elles ne sont pas nécessairement en opposition avec les règles prescrites. Les propriétés téléoreprésentationnelles que construisent ces trêves, ou ordres spontanés, ne se réduisent pas à une juxtaposition de buts et de connaissances individuels, une idée qui ne ressort pas clairement de l'ouvrage de Cyert et March⁶⁰⁶. On le voit bien dans ce passage :

*in the typical and significant cases, the “knowledge” possessed by a firm is not possessed by any single individual within the firm [...] Furthermore, the notion of a collection of describable “tasks” obviously falls short of a characterizing what the firm as a functioning entity “knows.” What it “knows” includes the system of coordinating relations among the tasks—the relations that combine the tasks into a productive performance. Thus, the possession of technical “knowledge” is an attribute of the firm as a whole, as an organized entity, and is not reducible to what any single individual knows, or even to any simple aggregation of the various competencies and capabilities of all the various individuals, equipment, and installations of the firm*⁶⁰⁷.

Nelson et Winter franchissent un seuil par rapport à Cyert et March en ceci qu'ils admettent que des propriétés des entreprises puissent être des propriétés émergentes qui n'ont pas été entièrement conçues par une intelligence

⁶⁰⁶ *A Behavioral Theory of the Firm* n'apporte pas, en effet, de clarification essentielle sur la façon de saisir les rapports entre buts et représentations des individus et ceux des agents collectifs. L'excellent chapitre consacré aux « buts organisationnels » ne traite pas tant des buts de l'agent collectif que des buts des échangeurs construisant la « coalition » propre au système d'échange organisationnel. Les « buts collectifs » sont alors simplement considérés comme l'ensemble des contraintes imposées par les buts de ces échangeurs : « *the goals of a business firm are a series of more or less independent constraints imposed on the organization through a process of bargaining among potential coalition members and elaborated over time in response to short-run pressures* », (p. 43). Cyert et March (1963) présente cette position comme une solution à la contradiction entre les nécessités du cadre téléoreprésentationnel appliqué aux agents collectifs et l'idée que seuls les individus ont des buts : « *1. People (e.i., individuals) have goals; collectivities of people do not. 2. To define a theory of organizational decision making, we seem to need something analogous—at the organization level—to individual goals at the individual level* » (p. 26).

⁶⁰⁷ Nelson et Winter (1982), p. 62-63.

psychogénétique et dont la valeur ultime est évaluée par un vaste système d'ajustements mutuels, c'est-à-dire par la concurrence qui s'installe entre les entreprises dans une économie de marché. C'est à la théorisation de ces propriétés émergentes que les travaux de March et Simon et d'Argyris et Schön peuvent contribuer, mais sans nous expliquer la genèse de ces propriétés. Ce seuil, Nelson et Winter le franchissent en faisant appel à une procédure de recherche apparentée au *hill-climbing* pour rendre compte de la sociogenèse des compétences des entreprises :

*our firms are modeled as simply having, at any given time, certain capabilities and decision rules. Over time these capabilities and rules are modified as a result of both deliberate problem-solving efforts and random events. And over time, the economic analogue of natural selection operates as the market determines which firms are profitable and which are unprofitable, and tends to winnow out the latter*⁶⁰⁸.

Le rapport entre l'activité constructive des individus ou psychogenèse et la sociogenèse est assez simple, dans cette perspective. La psychogenèse agit comme une source de variation dans la population de procédures de l'écosystème humain, parce que les constructions psychogénétiques viennent essentiellement modifier les procédures existantes, y compris les procédures de construction psychogénétiques. La psychogenèse est donc un élément essentiel de la procédure de recherche sociogénétique. Le marché effectue la mesure et la comparaison de la valeur relative des systèmes de procédures mis en action par les entreprises et sélectionnent celles-ci en fonction de cette valeur, sous forme de survie et de croissance différentielles. La composition de la population de procédures à un instant donné est fonction des entreprises sélectionnées dans le passé. La procédure de recherche sociogénétique dans son ensemble met en branle un processus de transformations évolutives où la population de procédures à un instant donné devient la source des tâtonnements desquels

⁶⁰⁸ Nelson et Winter (1982), p. 4.

seront extraits un sous-groupe de procédures qui sera la base des tâtonnements futurs⁶⁰⁹. Dans cette procédure sociogénétique, les routines constituent un équivalent des gènes dans la procédure phylogénétique⁶¹⁰. La genèse des compétences collectives des organisations se produit en bonne partie sous l'action de procédures qui débordent du cadre organisationnel et qui participent à la constitution de vastes machines sociales auto-organisationnelles. Dans *Cognition in the Wild*, Hutchins utilise le cadre conceptuel des sciences de la cognition contemporaine pour étudier des machines sociales. Il montre assez bien que les compétences d'une organisation sont en bonne partie le produit du système socioculturel dans lequel elle apparaît.

12.12 Le système computationnel socioculturel d'Edwin Hutchins

March et Simon ont produit la première étude sociocognitiviste de l'organisation bureaucratique en s'inspirant des sciences de la cognition de la fin des années 50. Après eux, les développements qui ont marqué les sciences de la cognition ont fort peu inspiré l'étude de l'intelligence organisationnelle. Depuis March et Simon, Hutchins est sans doute celui qui a produit la plus sérieuse tentative d'étendre aux systèmes socioculturels la démarche et les outils

⁶⁰⁹ « *The core concern of evolutionary theory is with the dynamic process by which firm behavior patterns and market outcomes are jointly determined over time [...] By this selection process, clearly, aggregate input and output levels for the industry would undergo dynamic change even if individual firm operating characteristics were constant. But operating characteristics, too, are subject to change, through the working of the search rules of firms. Search and selection are simultaneous, interacting aspects of the evolutionary process: the same prices that provide selection feedback also influence the directions of search. Through the joint action of search and selection, the firms evolve over time, with the condition of the industry in each period bearing the seeds of its condition in the following [...] what the industry condition of a particular period really determines is the probability distribution of its condition in the following period [...] a Markov process* » Nelson et Winter (1982), p. 19. Le mécanisme des prix guide la recherche que chaque firme effectue, et active le processus de sélection des entreprises.

⁶¹⁰ Nelson et Winter (1982), p. 14 : « *In our evolutionary theory, these routines play role that genes play in biological evolutionary theory. They are a persistent feature of the organism and determine its possible behavior (though actual behavior is determined also by the environment); they are heritable in the sense that tomorrow's organisms generated from today's (for example, by building a new plant) have many of the same characteristics, and they are selectable in the sense that organisms with certain routines may do better than others, and, if so, their relative importance in the population (industry) is augmented over time* ».

conceptuels que les sciences de la cognition ont développés pour comprendre les conduites et les compétences de l'individu et de la machine.

Hutchins s'inspire d'abord de Marr pour distinguer trois niveaux dans son explication de la compétence d'un système socioculturel à assurer le guidage d'un navire sur l'océan. Au premier niveau, celui de la théorie de la compétence, qu'il appelle le niveau « computationnel » en restant fidèle à la terminologie peut-être un peu ambiguë de Marr, il pose le problème du guidage d'un navire et sa solution générale. Le problème fondamental est toujours de répondre aux deux questions suivantes : où suis-je et dans quelle direction dois-je me diriger pour arriver à destination en évitant les obstacles ? Hutchins nous propose une théorie générale sur la façon de répondre à ces questions, une théorie de la tâche à accomplir. Le niveau suivant, il l'appelle « représentationnel/algorithmique ». C'est le niveau intermédiaire entre la théorie de la tâche à accomplir et la machine matérielle qui l'accomplit. C'est le niveau des machines virtuelles qui peuvent rendre compte des propriétés téléreprésentationnelles postulées, à l'aide d'une opération de désinterprétation-réinterprétation, tout en étant susceptibles d'une explication matérielle par désinterprétation. Hutchins qualifie ce niveau de représentationnel parce qu'on y décrit les supports de la représentation, les « *representational media* »⁶¹¹. Hutchins nomme « *representational state* » ce que j'appelle simplement « représentation » dans le chapitre 2, soit le contenu de la représentation, sa signification plutôt que son support. Le troisième niveau d'explication est celui de la réalisation matérielle du médium de la représentation et des algorithmes. À ce niveau, Hutchins met surtout en valeur le rôle des artefacts comme support matériel d'une bonne part des machines représentationnelles et algorithmiques au fondement de l'intelligence des systèmes socioculturels.

⁶¹¹ Hutchins (1995), p. 117.

L'essentiel du travail de Hutchins consiste à montrer comment deux systèmes socioculturels différents implantent avec succès la théorie de la tâche aux deux niveaux algorithmique/représentationnel et matériel. Il montre, en particulier, que l'accomplissement de la tâche par une équipe de navigation de la marine américaine et par des navigateurs micronésiens n'est en fait que la pointe de l'iceberg d'un long travail de « *precomputation* ». Lorsque l'équipe de navigation établit la position du navire, elle n'effectue en réalité qu'une petite portion du travail nécessaire à cette tâche. La plus grande partie de celle-ci a été effectuée à l'avance, sous la forme des instruments et cartes de navigation, par exemple. À propos de ces dernières et de leur rôle dans l'accomplissement de la tâche Hutchins écrit :

*One can see the work that went into constructing a chart as part of every one of the computation that is performed on the chart in its lifetime. This computation is distributed in space and time. Those who make the chart and those who use it are not known to one another (perhaps they are not even contemporaries), yet they are joint participants in a computation event every time the chart is used*⁶¹².

Pour comprendre la compétence dont bénéficie le système de guidage du navire, il faut mettre au jour la totalité des moyens nécessaires à sa réalisation. Tous les moyens utilisés par l'équipe de navigation participent au travail de guidage du bateau. Tous les moyens, aussi anciens soient-ils, utilisés pour construire ces moyens font également partie des éléments nécessaires à la réalisation actuelle de cette tâche : la géométrie, l'espace, le nombre, le langage et l'écriture, par exemple. La somme totale du travail de construction est même si considérable qu'elle n'aurait jamais pu être accomplie seulement pour le guidage des navires. Beaucoup des moyens construits sont également utilisés à d'autres tâches, ce qui augmente la rentabilité de l'investissement qu'ils constituent. Dans ce sens, beaucoup des compétences actuelles ont été rendues

⁶¹² Hutchins (1995), p. 64.

possibles par une mise en commun des ressources construites de façon à répartir le coût de leur construction sur la plus large base possible du revenu collectif (les valeurs que tire l'agent collectif de ses échanges avec le milieu). Le système qui réalise la tâche de guider le navire n'est pas simplement l'équipe de navigation, mais l'ensemble du système socioculturel qui permet cette réalisation. Les tâches qu'accomplissent les membres de l'équipage ne constituent qu'une fraction de l'ensemble du travail nécessaire, qui est réparti dans le temps, dans l'espace et sur un nombre important d'agents psychogénétiques et sociogénétiques.

« We may attempt to put temporal bounds on the computation that we observe now, today, in any way we like, but we will not understand that computation until we follow its history back and see how structure has been accumulated over centuries in the organization of the material and ideational means in which the computation is actually implemented »⁶¹³.

La préparation de l'action consiste en la représentation, dans l'espace d'action, des invariants de l'espace de la tâche de façon à éviter d'avoir à explorer l'ensemble de cet espace de la tâche à chaque action entreprise. Étant donné la variété considérable des conditions posées à l'action, le repérage, la représentation et l'utilisation de ces invariants posent un défi absolument insurmontable à tout agent dont les moyens de recherche et de représentation sont très limités. Or, sans une préparation minimale, il est certainement impossible d'atteindre un rendement le moins intéressant. Pour cette raison, la division du travail dans le temps, dans l'espace et entre de nombreux agents est un passage obligé dans les sociétés humaines. Pour être le moins étendue et utile, la répartition dans le temps du travail sur la tâche à accomplir exige la transmission intergénérationnelle des ressources téléreprésentationnelles. Pour arriver à faire ce que nous faisons, nous nous

⁶¹³ Hutchins (1995), p. 168.

appuyons sur un énorme réseau coopératif qui plonge ses racines dans la nuit des temps. Ce réseau coopératif participe en propre à la réalisation de toutes les tâches qui s'accomplissent aujourd'hui. Sa construction elle-même fait donc partie des sous-tâches qui doivent être accomplies pour que toute tâche actuelle puisse être réalisée. Voyons comment Hutchins présente le problème :

*All human societies face cognitive tasks that are beyond the capabilities of any individual member. Even the simplest culture contains more information than could be learned by any individual in a lifetime (Roberts 1964; D'Andrade 1981), so tasks of learning, remembering, and transmitting cultural knowledge are inevitably distributed cognition. The performance of cognitive tasks that exceed individual abilities is always shaped by a social organization of distributed cognition. Doing without a social organization of distributed cognition is not an option. The social organization that is actually used may be appropriate to the task or not, it may produce desirable properties or pathologies. It may be well defined and stable, or it may shift moment by moment; but there will be one whenever cognitive labor is distributed, and whatever one there is will play a role in determining the cognitive properties of the system that performs the tasks*⁶¹⁴.

Les formes organisationnelles, les artefacts, les ressources de la culture sont autant de « précomputations » qui transforment radicalement la nature de la tâche que les individus effectuent en « temps réel ». Cette préparation prend la forme d'invariants sur lesquels viennent s'appuyer les actions du moment. La construction, l'entretien et l'utilisation de la représentation du milieu sont répartis dans le tissu sociotechnique et dans le temps. Il est futile de vouloir théoriser l'esprit ou la conscience du dirigeant d'entreprise comme le réceptacle et le maître d'œuvre de cette représentation en action, comme tendent à le faire

⁶¹⁴ Hutchins (1995), p. 262.

certaines conceptions individualisantes. Il ne faut pas attribuer les propriétés du système total à l'une de ses composantes, que ce soit un individu ou une organisation, comme Hutchins le rappelle :

*[...] failing to recognize the cultural nature of cognitive processes can lead to a misidentification of the boundaries of the system that produced the evidence of intelligence. If we fail to bound the system properly, then we may attribute the right properties to the wrong system or (worse) invent the wrong properties and attribute them to the wrong system. In that attribution game, there has been a tendency to put much more inside [dans l'esprit d'un individu] than should be there*⁶¹⁵.

Les entreprises émergent d'un tissu déjà organisé qu'elles exploitent et qu'elles participent à maintenir en accroissant son rendement relatif dans l'écosystème humain. Les entreprises exploitent et mettent en valeur une formidable somme de préparation qui va du sens commun général (les notions d'objet, de causalité, de temps, d'intention et de but, les compétences logiques, la maîtrise du langage, du nombre et des opérations arithmétiques élémentaires, et bien d'autres) jusqu'aux systèmes normatifs du droit et de la morale, en passant par les bagages de connaissances traditionnelles et scientifiques. La représentation de l'espace de la tâche et le travail auquel elle donne lieu prennent place en bonne partie dans le fonctionnement des systèmes coopératifs et dans les artefacts plutôt que dans la conscience des individus. Lorsqu'on étudie le détail des computations nécessaires pour effectuer une tâche donnée, on se rend compte que les formes mêmes des interactions interindividuelles participent activement à ce travail de computation. Autrement dit, les formes d'organisation collective effectuent en propre un travail qui contribue à l'exécution de la tâche. C'est cette idée que je place au centre de l'étude de l'intelligence collective et qui soulève la question du repérage et de la

⁶¹⁵ Hutchins (1995), p. 356.

théorisation des processus de structuration rationnelle à l'œuvre dans les phénomènes collectifs. En situant dans un même cadre conceptuel tous les processus de recherche, leurs propriétés et les conditions de leur possibilité, l'intelligence artificielle nous aide dans cette tâche.

12.13 L'entreprise et les compétences collectives opaques

Pour compléter ce chapitre, je voudrais soumettre un argument qui plaide en faveur de l'idée que les marchés ont tendance à sélectionner les entreprises qui bâtissent des compétences collectives décentralisées. Les entreprises d'une industrie compétitionnent entre elles pour mieux coopérer avec les autres agents économiques avec lesquels elles bâtissent un réseau d'échange, et coopèrent avec ceux-ci pour mieux compétitionner avec les autres réseaux d'échange. Une entreprise a avantage à se procurer toute ressource susceptible de lui apporter des valeurs d'échange particulières, un avantage concurrentiel, faute de quoi elle sera marginalisée ou carrément exclue des réseaux d'échange. Mais toutes ses concurrentes ont aussi avantage à se procurer cette même ressource, et pour la même raison. Or un avantage concurrentiel ne peut exister que si les ressources sont réparties de façon hétérogène dans la population d'entreprises, et que si ces ressources ne sont pas totalement mobiles. Si toutes les entreprises ont accès aux mêmes ressources, la nature des mécanismes du marché fait en sorte qu'aucune entreprise ne possédera d'avantage concurrentiel durable. Ce phénomène de résorption des avantages concurrentiels fait en sorte qu'une ressource doit avoir des caractéristiques bien particulières pour fournir un avantage concurrentiel viable et permettre à une entreprise de tenir sa place dans les réseaux d'échange⁶¹⁶ :

⁶¹⁶Je m'inspire ici plus particulièrement d'un article fort instructif de Jay Barney (1991), « Firm Resources and Sustained Competitive Advantage », *Journal of Management*, vol. 17, no 1, p. 99-120.

- 1) la ressource doit être une source de valeur, c'est-à-dire qu'elle doit permettre d'exploiter une occasion d'échange profitable ou de neutraliser une menace pour les échanges que l'entreprise entretient ;
- 2) la ressource doit être rare (élément de la condition d'hétérogénéité) ;
- 3) la ressource doit être imparfaitement imitable. Cette condition est cruciale.

Il y a trois grands obstacles à l'imitation, soit

- la ressource dépend des contingences historiques : du moment, du lieu, des personnes et des hasards des déroulements historiques ;
- le lien entre une ressource (souvent non repérée) et un avantage est impossible à établir. Personne ne connaît le lien. Dès que quelqu'un connaît ce lien, cette connaissance finira par se répandre et l'avantage concurrentiel s'éteindra ;
- la ressource est imbriquée dans un système social complexe que personne ne peut réellement maîtriser ;

- 4) il ne doit pas y avoir de substitut abondant et imitable à cette ressource.

La condition 3 est d'une importance théorique considérable. Elle nous dit qu'un avantage concurrentiel viable doit reposer sur la possession d'une ressource enfouie et cachée derrière l'historicité, l'opacité causale, et la complexité d'un système social pour être viable et défendable. Cette analyse nous fournit les caractéristiques des ressources que les entreprises tendent à mobiliser dans les réseaux d'échange sous l'effet de la compétition. Selon moi, elle nous fournit les caractéristiques de ces ressources que sont les compétences collectives décentralisées : historicité, opacité et complexité sociale. Les connaissances propres aux compétences collectives sont opaques, fractionnées et réparties sur l'ensemble d'un système social auquel elles sont inextricablement liées.

Chapitre 13

Les machines sociales de l'innovation technicommerciale.

Étude du projet de R et D Datrix

13.1 Introduction

Dans les chapitres précédents, j'ai entrepris de formuler un cadre conceptuel qui nous permet de comprendre les compétences humaines sous la forme de machines sociales. Dans ce chapitre, je me propose d'étudier, en m'inspirant de ce cadre, quelques compétences associées aux réussites techniques et économiques. On pourrait appeler innovation technicommerciale les activités qui produisent les réussites technico-économiques. L'innovation technicommerciale est la tâche dont j'étudie quelques aspects. Pour comprendre cette tâche et les machines sociales qui contribuent le plus directement à sa réalisation, il faut établir les caractéristiques de cette tâche, les moyens qui peuvent la réaliser et les processus qui peuvent mettre en action ces moyens. Cette démarche guide l'étude d'un cas d'innovation technicommerciale chez Bell Canada. Cette étude me permet d'examiner la nature et le rôle des machines sociales de l'innovation.

Ma démarche de recherche consiste à repérer, examiner et analyser la documentation publique concernant le projet de R et D Datrix. Les documents publics accessibles par Internet ont l'avantage de faciliter la réalisation d'une « expérience » commune, publique et vérifiable, en conformité avec la méthode scientifique telle que décrite dans le chapitre 11. Le lecteur pourra avoir accès facilement et rapidement au matériel que j'utilise et pourra refaire le même exercice que moi pour contester, rejeter, approuver, nuancer, réviser ou enrichir mes propositions.

13.2 Un premier aperçu de la tâche étudiée

L'innovation technicommerciale est le produit de processus entrepreneuriaux qui permettent de découvrir et de réaliser de nouveaux échanges mutuellement avantageux. Un nouvel échange avantageux repose sur la capacité d'atteindre plus économiquement un but déjà accessible, ou d'accroître l'espace des buts atteignables⁶¹⁷. Ce gain en finalité et en rendement repose nécessairement sur des connaissances nouvelles⁶¹⁸. L'innovation technicommerciale nécessite la construction et l'utilisation de connaissances de plusieurs types : savoirs techniques génériques et savoirs techniques particuliers, cadre général de compréhension du monde et connaissances de faits concrets et singuliers, par exemple⁶¹⁹. La construction et l'utilisation de ces

⁶¹⁷ Rosenberg (1982, p. 3) nous propose, il me semble, une définition semblable du progrès technique : « *technical progress is not one thing; it is many things. Perhaps the most useful common denominator underlying its multitude of forms is that it constitutes certain kinds of knowledge that make it possible to produce (1) a greater volume of output or (2) qualitative superior output from a given amount of resources* ».

⁶¹⁸ Un objet technique n'a pas besoin d'être universellement nouveau pour constituer une innovation technicommerciale. L'introduction d'un objet technique existant dans un secteur où il n'était pas utilisé auparavant constitue aussi une innovation. Voir Brooks (1994, p. 478) : « *R&D is also necessary for learning about technology even when it is not 'new in the universe' but only in the particular context in which it is being used for the first time* ». Voir également Mowery et Rosenberg (1998, p. 171-172) : « *new technology need to be examined not only at their initial points of entry. A thorough analysis of their histories points out the potential of high technology to revitalize "old" industries, including textiles and forest products, banking and finance, retailing, and medical care* ». La reconstruction des relations moyens-fins dans ces secteurs suite à l'introduction de l'ordinateur, par exemple, repose sur une somme importante de connaissances nouvelles.

⁶¹⁹ Dosi (1988, p. 223-224) : « *the solution of most technological problems [...] implies the use of pieces of knowledge of various sorts. Some elements represent widely applicable understanding: it might be direct scientific knowledge or knowledge related to well-known and pervasive applicative principles [...] Some other pieces of knowledge are specific to particular ways of doing things, to experience of the producer, the user, or both. Moreover, some aspects of this knowledge are well articulated, even written down in considerable detail in manuals and articles and taught in schools. Others are largely tacit, mainly learned through practice and practical examples [...] Finally, some of the knowledge involved in the use and improvement of technologies is open and public: the most obvious examples are scientific and technical publications. However, other aspects are private, either implicitly because they are tacit anyway, or explicitly in the sense that they are protected by secrecy or legal devices such as patents. All three aspects (universal versus specific, articulated versus tacit, public versus private) are essential in the conceptualisation of what is technology* ». Pour une autre discussion sur la variété des types de connaissances participant au développement technique, voir Nelson (1990), particulièrement les pages 196 et 197, et Nelson (1992).

différents types de connaissance constituent la réalisation de tâches distinctes, aussi ces connaissances sont-elles généralement construites et utilisées par des « machines sociales » distinctes, qui mettent en action des méthodes et des processus distincts⁶²⁰. Le caractère de bien public ou privé de ces connaissances reflète l'existence de machines de construction et d'utilisation de connaissances distinctes quoique également nécessaires au développement technique⁶²¹. On pourrait probablement dire la même chose de la distinction très souvent évoquée entre les connaissances tacites et les connaissances conceptualisées⁶²². Il est possible qu'elle reflète ou nécessite deux modes distincts de construction et d'utilisation de connaissances.

L'innovation technico-commerciale consiste à proposer à des échangeurs une machine, au sens le plus large, qui permettra à ceux-ci d'atteindre plus de fins ou de les atteindre à moindre coût. Elle n'est donc possible que si elle intègre des connaissances sur les échangeurs, sur leurs buts et sur les méthodes, procédés et processus qui leur permettent ou pourraient leur permettre d'atteindre ces buts. La nouvelle machine vient s'insérer dans un système sociotechnique déjà constitué, dans un réseau de relations moyens-fins qu'elle doit toujours en partie remodeler. La construction de nouveaux « moyens » à

⁶²⁰ Dans le passage suivant, Pavitt (1991, p. 191) associe les entreprises et les universités à la production de différents types de connaissances : « *In universities, basic research seeks generalizations based on a restricted number of variables, and results in publications and reproducible experiments. In business, a combination of research, and (more important) development, testing, production engineering and operating variables of an artefact, and result in knowledge that is not only specific, but partly tacit (uncodifiable) and therefore difficult and costly to reproduce* ».

⁶²¹ En plus du passage de Dosi (1988) cité précédemment, voir Nelson (1992, p. 62) : « *in a sense the evolution of technology involves the co-evolution of a public good—generic knowledge—and a collection of private goods—specific practices* ».

⁶²² Mowery et Rosenberg (1989, p. 9) : « *A great deal of the knowledge that is important to operation and improvement of a given process or product technology is tacit, that is, not easily embodied in a blueprint or operating manual* ». On réfère habituellement à Polanyi (1962, p. 49) pour la description de la nature de la connaissance tacite : « *the aim of a skilful performance is achieved by the observance of a set of rules which are not known as such to the person following them* ». En fait, il faut distinguer plusieurs niveaux de connaissances non conceptualisées. Dans cet extrait, Polanyi associe le caractère tacite à l'absence de formulation des procédés au fondement d'une compétence. Pourtant, la connaissance de ces procédés n'enlèverait pas tout caractère tacite à cette connaissance, puisque les principes qui donnent leurs propriétés aux procédés pourraient demeurer non conceptualisés.

insérer dans les réseaux peut s'appuyer sur des connaissances génériques portant sur les machines possibles sur les plans fonctionnels et causals. Ces connaissances sont toutefois insuffisantes. Elles doivent toujours être complétées par des connaissances particulières liées à l'état local et singulier du réseau des relations moyens-fins⁶²³. Parmi ces connaissances particulières, il y a la connaissance des prix, c'est-à-dire des taux auxquels s'échangent les divers moyens disponibles, selon le moment et selon le lieu. Une machine n'est intéressante que si son rendement est équivalent ou supérieur à celui des autres machines possibles permettant d'atteindre les mêmes fins. Il y a également des connaissances techniques particulières, qui sont liées aux particularités concrètes des moyens utilisés et à leur combinaison toujours partiellement singulière et unique⁶²⁴. Aux connaissances portant sur les moyens que la machine doit mettre en œuvre, il faut ajouter les connaissances portant sur les moyens permettant de concevoir, de produire et d'échanger la machine en question⁶²⁵. Sans ces moyens l'innovation technicommerciale est impossible⁶²⁶. Il faut des connaissances pour concevoir, produire et échanger des machines. Encore ici, on pourrait décomposer ces connaissances en plusieurs catégories selon qu'elles sont génériques ou particulières, publiques ou privées, tacites ou conceptualisées.

⁶²³ Dosi (1988, p. 224) : « *technological advances normally draw on some sub-set of the publicly available knowledge, which is shared and improved upon by the community of engineers/applied scientists/designers, etc. However, in the activities aimed at technological innovations, such a shared use of highly selected scientific and technological knowledge (related, for example, to selected physical and chemical principles, materials, properties, etc.) is coupled with the use and development of specific and often private heuristics and capabilities* ».

⁶²⁴ Mowery et Rosenberg (1989, p. 9) : « *characteristic of technical knowledge is that much of it is highly firm specific and results from the interaction of R&D and other functions within the firm* ». Nelson (1990, p. 197) endosse cette proposition : « *students like Pavitt and Nathan Rosenberg have argued persuasively that much of prevailing industrial technique is of little use outside the firms employing it, involving fine tuning to their particular products or processes* ». Voir les citations de Rosenberg dans mon chapitre 1.

⁶²⁵ Je pense en particulier aux moyens de réaliser économiquement la R et D, la production, la publicité, la distribution, la vente et le service après-vente.

⁶²⁶ À ce sujet, voir Teece (1992).

13.3 Les machines sociales de l'innovation

Les connaissances nécessaires à l'innovation technicommerciale sont produites et utilisées par des machines sociales distinctes, mais qui reposent toutes, selon ma thèse, sur des processus d'ajustements mutuels. Ces diverses machines et les types de connaissance qu'elles produisent et utilisent sont encore bien mal connus. Le principal objectif de mon étude est d'approfondir notre connaissance de ces machines. On peut espérer faire avancer notre compréhension des machines de construction et d'utilisation de connaissances en tentant de mettre au jour les raisons qui font en sorte que l'expérimentation sociotechnique et les processus d'échange favorisent certains arrangements plutôt que d'autres. Par exemple, il faut se demander pourquoi au XX^e siècle l'essentiel de la R et D industrielle s'est faite dans des organisations qui effectuaient également les tâches de production et de commercialisation⁶²⁷. La question n'est pas anodine parce qu'il y a d'autres arrangements possibles, qui ont d'ailleurs été expérimentés, comme celui dans lequel la recherche et le développement se font dans des organisations spécialisées ou dans les universités, et sont l'objet d'échanges sur des marchés et d'engagements contractuels. Il y a divers arrangements possibles pour combiner la R et D, la production et la commercialisation. Pourquoi l'arrangement dominant est-il la réunion de ces activités dans une même organisation⁶²⁸ ? Quels rôles les connaissances universitaires ou publiques jouent-elles et peuvent-elles jouer dans l'innovation technicommerciale⁶²⁹ ? Quels rôles jouent ou peuvent jouer

⁶²⁷ Nelson (1990) étudie cette question, qu'il formule à la page 198 : « *Why the dominant role of R&D laboratories attached to firms who basically make their money by selling products?* ». Mowery et Rosenberg (1989) étudient également cette question, pages 81 à 83. Voir également Nelson et Rosenberg (1994), p. 340 : « *By far the largest share of the work involved in creating and bringing to practice new industrial technology is carried out in industry, not in universities* ».

⁶²⁸ Teece (1992) suggère l'hypothèse que ces activités nécessitent souvent des actifs « cospécifiques ».

⁶²⁹ Faulkner, Wendy et Jacqueline Senker (1995) explorent cette question en se demandant dans un premier temps quelles sont les connaissances nécessaires à l'innovation, puis dans un

les diverses formes d'arrangements impliquant universités et entreprises⁶³⁰ ? Dans un système d'expérimentation sociotechnique, la réponse à ces questions devrait avoir un rapport avec la nature de la tâche à accomplir, cette tâche se décomposant en deux volets, soit celui de la construction d'un type ou de plusieurs types de connaissances nécessaires à la réussite technico-économique, et celui des relations de coopération nécessaires à la constitution des machines sociales constructrices et utilisatrices de connaissances.

13.4 Les connaissances génériques et les communautés d'experts

Au chapitre 10, j'ai examiné la proposition selon laquelle la connaissance des échanges mutuellement avantageux est bâtie par les processus décentralisés du marché, qui reposent, entre autres, sur les droits de propriété, le libre-échange, le mécanisme des prix et la compétition. Je ne reviendrai pas ici sur cette proposition qui mériterait certainement d'être précisée. Je vais plutôt me concentrer sur l'étude des machines sociales de création et d'utilisation de connaissances techniques génériques, une question que je n'ai pas abordée dans les chapitres précédents. On peut poser un certain nombre d'hypothèses de départ pour guider notre étude de ces machines sociales. On peut penser que les sciences de l'ingénieur et les « sciences appliquées » construisent et utilisent des connaissances techniques génériques largement publiques, tirées du travail mené sur de nombreuses machines. Ces connaissances peuvent être mobilisées dans la conception et la construction de nouvelles machines ou pour le perfectionnement de celles qui existent⁶³¹. Le caractère générique de ces

deuxième temps, en quoi la recherche du secteur public contribue à constituer ces connaissances.

⁶³⁰ Voir Nelson et Rosenberg (1994).

⁶³¹ Nelson (1990, p. 197) : « *Generic knowledge tends to be germane to a variety of uses and users. Indeed mastery of such knowledge may be essential if one is to advance or modify prevailing practice with any efficiency. Relatedly, such knowledge is the stock in trade of professionals in a field, and there tends to grow up a systematic way of describing and communicating such knowledge [...]. It is well recognized that the academic parts of these disciplines are by their nature open, with strong individual and institutional incentives to tell the news. What is less adequately recognized is that new generic knowledge created in industrial laboratories also is relatively open to outsiders knowledgeable of the field* ».

connaissances permet ou nécessite leur construction par une machine sociale du même type que celle que j'ai associée aux sciences dans le chapitre 11. Par définition, les connaissances techniques génériques portent sur des machines utilisables dans plusieurs contextes. Ces machines peuvent donc intéresser plusieurs personnes qui peuvent échanger des propositions à leur sujet et progresser par coordination des points de vue. Les connaissances produites sont alors largement publiques et constituent un bien public au sens où l'entendent les économistes⁶³².

On peut imaginer que ces machines sociales de construction de connaissances techniques génériques prennent la forme de « communautés techniciennes » de la même façon qu'on parle de « communautés scientifiques ». William Constant, par exemple, présente la communauté d'experts, en fait la « community of practitioners », comme l'une des deux institutions importantes sur lesquelles repose le développement technique, l'autre étant l'organisation⁶³³. Ces deux institutions évoluent dans le cadre de vastes systèmes sociotechniques. Ainsi le transport par avion est-il un tel système sociotechnique dans lequel sont impliquées de nombreuses communautés d'experts et de nombreuses organisations. Constant suggère que les sociétés d'experts et les programmes de formation reflètent l'existence de communautés d'experts. La communauté d'experts est le lieu du savoir technique alors que l'organisation est le lieu de la fonction technique, entre autres fonctions, c'est-à-dire le lieu de la réalisation concrète de relations moyens-fins⁶³⁴. Pour réaliser ces relations moyens-fins, l'organisation doit établir des interfaces avec, et entre, diverses communautés d'experts.

⁶³² Nelson (1992, p. 61) : « *Now the notion that technology is a latent public good is a reasonable first approximation if the focus is on generic knowledge. Generic knowledge tends to be germane to a wide variety of uses and users. Such knowledge is the stock-in-trade of professionals in the fields, and there tends to grow up a systematic way of describing and communicating such knowledge, so that when new generic knowledge is created anywhere it is relatively costless to communicate to other professionals* ».

⁶³³ Voir Constant (1984, 1987).

⁶³⁴ Constant (1987, p. 232) : « *Technology as function, then, is embodied in and mediated by organization. If technology as knowledge finds its home in communities of practitioners and their associated professional societies and educational programs, then technology as function*

Vincenti reprend l'idée de communauté d'experts et en fait le lieu collectif de la création et de la conservation des connaissances techniques⁶³⁵. Ces communautés d'experts permettent la construction et la conservation des connaissances grâce à des processus collectifs de compétition et de coopération que nous pouvons rapprocher de ceux présentés par Polanyi :

*Such communities supply a number of functions essential to the learning process. Competition between members helps supply motivation to tackle difficult practical problems; at the same time, cooperation provides mutual support and aid in overcoming difficulties [...] The interchange of knowledge and experience that goes with cooperation also fosters the generation of further knowledge [...] Once generated, knowledge that proves useful is disseminated by word of mouth, publication, and teaching [...] it is also preserved by incorporation, through various means, into the community's tradition of practice*⁶³⁶.

Vincenti soutient que « *it is the community at some level that provides the recognition and rewards (honorific as well as monetary) that help fuel the cognitive enterprise*⁶³⁷ » ce qui nous donne à penser que la communauté d'experts doit se comprendre sous la forme d'un système d'échanges similaire à celui de la science. On doit probablement considérer la « communauté scientifique » comme une forme particulière de communautés d'experts. Ce sont

has as its locus complex organization. Knowledge and function, community and organization, of course, are the building blocks of the culture of technology which Hughes finds necessary to sustain complex technological system and their momentum ».

⁶³⁵ Vincenti (1990, p. 239) : « *These communities had more than an incidental function; they provided the central agency for the long-term generation and accumulation of knowledge in their areas. While individuals are the immediate producers of engineering knowledge, there can be no doubt that Constant is correct in pointing to communities committed to a given practical problem or problem areas as the "central locus of technological cognition" ».*

⁶³⁶ Vincenti (1990), p. 239.

⁶³⁷ Vincenti (1990), p. 239.

les systèmes d'interaction propres à ces communautés d'experts que Polanyi décrit sous la forme des systèmes d'ajustements mutuels au fondement des disciplines intellectuelles et techniques. Pour comprendre les communautés d'experts, nous disposons des travaux sur la science en tant que système d'échanges et d'ajustements mutuels. Mon chapitre sur la science constitue donc ici mon principal point d'appui sur l'idée de communauté d'experts. Quant à la distinction entre organisation et communauté d'experts, elle est renforcée par mon travail du chapitre 8 sur l'organisation en tant que système d'échanges. On utilise habituellement le mot « organisation » pour désigner les systèmes constitués en *corporate actors*, selon l'expression de James Coleman, en agents collectifs jouant le rôle d'intermédiaires qui équilibrent globalement les échanges.

Nelson attire notre attention sur quelques-unes des organisations qui animent les communautés d'experts :

*There were and are technical societies, industry associations, and other mechanisms through which new technical information is shared, and which can be used to pursue it cooperatively. Universities play a major role as repositories of public scientific and technological information, and as a prime locus of work aimed to enhance public knowledge*⁶³⁸.

Les communautés d'experts sont animées et financées par de nombreuses organisations dont les départements et écoles d'ingénierie, les laboratoires d'entreprise, les laboratoires gouvernementaux et les organismes de réglementation, les associations et les sociétés d'experts.

Pour avoir accès aux connaissances génériques produites par ces communautés d'experts, une entreprise doit intégrer des membres de ces

⁶³⁸ Nelson (1992), p. 58.

communautés qui deviendront ses interfaces avec elles. Une entreprise qui veut exploiter les connaissances produites par une communauté d'experts n'a d'autres choix que de participer aux activités de cette communauté⁶³⁹. Elle ne peut se procurer ces connaissances autrement parce qu'elle n'aurait alors tout simplement pas les compétences nécessaires à leur assimilation et à leur intégration aux relations moyens-fins qu'elle assemble⁶⁴⁰. Ce n'est pas nécessairement la recherche de pointe menée dans les communautés d'experts qui intéresse le plus les entreprises, mais le bagage de connaissances accumulées et l'entraînement à certaines méthodes de travail auxquels donnent accès les programmes de formation universitaire et l'expérience de travail en compagnie d'experts, de même que le réseau de coopération qu'offrent les communautés dans la résolution de problèmes⁶⁴¹. L'accès à une communauté

⁶³⁹ Mowery et Rosenberg (1989, p. 15) : « *The only way to remain plugged in to the scientific network is to be a participant in the research process* ». Nelson (1990, p. 198) : « *while new generic knowledge has public good properties, one must invest one's work in a field to know what to make of the news. Second, those who are in on the news together tend to be active members of a research community. And as members of a community, scientists and engineers are expected to share knowledge. Research communities often are institutionalized as scientific or engineering societies, which hold formal meetings, to which members come to hear the news. And these societies also serve as fora for discussions of research agendas, of where the field is going, who is doing what, etc.* ».

⁶⁴⁰ Rosenberg (1990, p. 171) : « *Most basic research in the United States is conducted within the university community, but in order to "plug in" to these research centers and to exploit the knowledge that is generated there, a firm must have some in-house capability. A firm is much less likely to benefit from university research unless it also performs some basic research* ». Nelson (1990, p. 198) : « *companies in fields where the underlying sciences are advancing rapidly often do research on those sciences in order to stay up with them and to have the capability to exploit developments in a timely manner, from wherever they may come; that is, they join in the community advancing the relevant sciences* ». Mowery et Rosenberg (1989, p. 240) soutiennent que cette contrainte n'est pas levée par la recherche effectuée en collaboration : « *The fruits of research do not consist solely of information that can be utilized for commercial purposes at minimal cost. The output of cooperative research must be absorbed by the participant firms and transformed into commercially relevant knowledge. This transformation typically requires considerable intrafirm expertise [...] Cooperative research thus is not a substitute for, but a complement to, in-house research. In order to exploit externally performed research, whether this research is performed in a multifirm consortium, a federal laboratory, or a university, participant firms must have some in-house expertise* ».

⁶⁴¹ Pavitt (1991, p. 114) : « *One important function of academic research is the provision of trained research personnel, who go on to work in applied activities and take with them not just the knowledge resulting from their research, but also skills, methods, and a web of professional contacts that will help them tackle the technological problems that they later face* ». Nelson et Levin (cité par Pavitt, 1991, p. 114) : « *Industrial scientists and engineers almost always need training in the basic scientific principles and research techniques of their field, and providing this training is a central function of universities. Current academic research in a field, may or may not be relevant to technical advance in industry, even if academic training is important* ».

d'experts passe par l'embauche de personnel et par la participation aux réseaux d'échanges de la communauté⁶⁴². Une collaboration avec des universités facilite l'embauche en permettant de voir des candidats potentiels à l'œuvre⁶⁴³. Étant donné la contribution que peut faire l'université, les relations de collaboration les plus fructueuses sont probablement les relations à long terme qui mettent l'accent sur les échanges non formels et la circulation des personnes plutôt que sur l'échange de propriété intellectuelle bien définie dans le cadre de projets de recherche ponctuels régis par contrats⁶⁴⁴. De fait, les communautés d'experts s'organisent largement autour de relations d'échange « non formelles » et la meilleure façon d'exploiter la production de ces communautés est de s'intégrer à ces relations d'échange⁶⁴⁵. Par relations d'échange non formelles, il faut comprendre les échanges qui ne sont pas réglés par le droit des contrats et les tribunaux mais par des relations de confiance de divers ordres : systèmes de réputation, relations d'interdépendance indéfinies, relations personnelles, et autres mécanismes présentés au chapitre 8. Les systèmes d'échange propres aux

Rosenberg et Nelson (1994, p. 342) : « *the fundamental science learned by industrial scientists and engineers when they attended university plays a very important role in their problem solving in industrial R&D, even though recent publications in those fields may find little direct use in those endeavors* ». Rosenberg et Nelson (1994, p. 340) : « *most of the science employed in achieving the objective of marketable new technology is rather old science* ».

⁶⁴² Pavitt (1991, p. 115) : « *Knowledge transfers are mainly person-embodied, involving personal contacts, movements, and participation in national and international networks* ».

⁶⁴³ Mowery et Rosenberg (1989, p. 263) : « *Participant firms can employ these collaborative ventures as "filters" for hiring research personnel, observing the performance of potential researchers before making employment commitments. Moreover, the demonstrated importance of people as a key vehicle for the transfer of scientific and technological knowledge means that by hiring by firms of the graduates of these programs facilitates the transfer of knowledge and technology from university to industry even more effectively than does the rotation of industry personnel through university research facilities* ».

⁶⁴⁴ Mowery et Rosenberg (1990, p. 264) : « *collaborative ventures that focus on applied development work or on technological deliverable in many cases are less successful* ».

⁶⁴⁵ Faulkner et Senker (1995, p. 204) : « *Our study confirmed Imai's view that informal, social networks are an important feature of the innovation process [...] informal links and barter form a very important part of industrial interaction with PSR [public sector research]* ». Faulkner et Senker (1995, p. 205) : « *Gambardella (1992) suggests that increasing complexity and interdisciplinary of knowledge makes external information critical to the development of innovations. He also maintains that barter is the dominant mode of exchange in these interactions, and explains why: information exchange ... requires that one be prepared to diffuse research findings in exchange for knowledge produced by others. To be part of a network, and to be able to effectively exploit the information that circulates in the network, has become even more valuable than being able to generate new knowledge autonomously* ». Faulkner et Senker (1995, p. 211) : « *being prepared to exchange research ideas, materials, and findings is the accepted 'entry fee' for gaining access to the external research community* ».

communautés techniques me semblent avoir été bien moins étudiés que ceux des communautés scientifiques. Qui sont les échangeurs⁶⁴⁶ ? Qu'est-ce qui s'échange et selon quelles règles⁶⁴⁷ ? Comment les valeurs virtuelles sont-elles créées, protégées et utilisées ? Comment les échangeurs se mettent-ils en contact les uns avec les autres ? Faulkner et Senker, qui étudient l'ensemble des intrants des processus d'innovation, soutiennent que les chercheurs entretiennent des relations non formelles pour avoir accès aux connaissances tacites qui n'apparaissent pas dans les écrits et qui sont souvent nécessaires pour rendre ces écrits utilisables⁶⁴⁸. Les contacts personnels et la circulation des personnes sont souvent les seuls moyens d'avoir accès à ces connaissances⁶⁴⁹.

13.5 Les connaissances techniques particulières et les organisations

Les connaissances génériques ne constituent qu'une partie des connaissances mobilisées dans l'innovation technicommerciale. Celle-ci

⁶⁴⁶ Les réseaux d'échange entre experts des techniques sont-ils plus hétérogènes que les réseaux d'échange entre scientifiques ? Est-ce que c'est la conclusion qu'on peut tirer de la constatation de Sørensen et Levold (1992, p. 19) selon qui « *technology generally is far more complicated than science in terms of technoscientific as well as sociotechnical heterogeneity. In the stereotypical technological project, both the technoscientific and the sociotechnical issues are more complex in terms of the number of different institutions and bodies of knowledge and experience involved* ».

⁶⁴⁷ À propos de ce qui s'échange, Faulkner et Senker (1995, p. 205) soutiennent que « *materials, access to equipment and the like, form the currency of barter, as well as information* ».

⁶⁴⁸ Faulkner et Senker (1995, p. 204) : « *Gibbons and Johnston (1974) showed that the literature was used about as frequently as personal contacts [...] our study confirms the complementary use of these channels. It further demonstrates that talking to contacts provides access to the tacit knowledge necessary to be able fully to make sense of and utilize codified knowledge in the literature [...] our finding that informal links and barter form a very important part of industrial interaction with PSR may be explained by the need for personal interaction to transfer tacit knowledge* ». Faulkner et Senker (1995, p. 206) : « *The study has shown that an important contribution to innovation is made by tacit knowledge flowing through the informal networks which link industrial researchers with PSR and with other companies including competitors* ». Dans ma définition des relations d'échange non formelles, les publications constituent de telles relations, tandis que Faulkner et Sender les excluent de cette catégorie.

⁶⁴⁹ Faulkner et Senker (1995, p. 211) : « *Networking is used to access tacit knowledge relating to both existing knowledge and new knowledge generated by research. By its very nature, tacit knowledge is transferred in person-embodied rather than written form; we therefore suspect that tacit knowledge flows are a very important element of networking in innovation. Networking for tacit knowledge takes place within firms as well as with external sources, More specifically, informal interaction and barter is a significant channel for transferring tacit knowledge between organizations, and this includes other companies as well as PSR* ».

repose également sur des connaissances particulières propres aux moyens mis en œuvre par une entreprise, par ses fournisseurs et par ses clients⁶⁵⁰. Une bonne partie du savoir technique d'une entreprise correspond aux procédés particuliers qu'elle a développés pour acheter, produire, vendre et distribuer ses produits ou services. Il en résulte que le savoir nécessaire à l'innovation technicommerciale se trouve souvent à l'intérieur de l'entreprise, chez le client ou chez le fournisseur, plutôt que dans les communautés d'experts⁶⁵¹. La question qui se pose est pourquoi les connaissances particulières associées à la R et D, aux procédés de production, à la publicité, à la distribution et à la vente se bâtissent dans des organisations. Les connaissances particulières étant des « actifs spécialisés », on peut postuler qu'elles tendent à être construites et échangées dans les échanges intra-organisationnels, plus aptes à créer et à protéger ce type de valeurs virtuelles peu transférables, comme nous l'avons vu au chapitre 8, sections 14 et 15⁶⁵². Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les entreprises se développent autour d'actifs spécialisés opaques et dépendants du chemin parcouru, parce que ceux-ci sont difficiles à obtenir et sont, de ce fait, source de pouvoir de négociation dans les marchés⁶⁵³.

⁶⁵⁰ Mowery et Rosenberg (1989, p. 9) : « *A closely related characteristic of technical knowledge is that much of it is highly firm specific and results from the interaction of R&D and other functions within the firm* ». Mowery et Rosenberg (1989, p. 91) : « *Commercially successful innovation requires the combination of skills and information from a wide range of functions within the firm and often exploits firm-specific knowledge emerging from complex production processes* ».

⁶⁵¹ Faulkner et Senker (1995, p. 206) : « *innovation most commonly involves incremental improvements to products and processes based on accumulated firm-specific technological knowledge. In short, external scientific knowledge, though important, generally plays only a minor role in innovation; innovation derives largely from the cumulative, person-embodied knowledge about a firm's existing technology, plus that gained from undertaking RD&D activities* ».

⁶⁵² Dans sa discussion sur les façons d'assembler les actifs complémentaires nécessaires à l'innovation technicommerciale, Teece (1992, p. 187) souligne les risques associés à une simple relation contractuelle lorsque des actifs spécialisés sont en jeu : « *contractual problems could well arise because the recontracting hazards that exist when the contract is supporting investment in specific assets. Quite simply, one or possibly both of the parties could be stranded with no options if highly specific investments are needed to support exchange (Williamson 1985)* ».

⁶⁵³ Teece (1992, p. 185-186) : « *specific assets almost always have, or quickly develop, firm-specific attributes. Their idiosyncrasy may be embedded in physical capital, specialized knowledge, or locational or relational specificities (Williamson 1985). These are often difficult to imitate, which makes them valuable to hold and an important source of competitive advantage [...] ownership or control of specific assets can be the source of a sustainable*

L'ensemble des procédés et des relations qui permettent le fonctionnement de l'organisation ont tendance à prendre la forme d'actifs spécialisés opaques⁶⁵⁴. Comme les connaissances particulières se développent au croisement de diverses fonctions et communautés d'experts, elles reposent sur de nombreuses interactions qu'il est souvent plus facile de réaliser à l'intérieur d'une organisation parce que la valeur de ce qui s'échange dans ces interactions ne peut être établie clairement.

13.6 Étude d'un projet de R et D

Le caractère collectif du développement technique se reflète entre autres dans la contribution des communautés techniciennes à l'innovation technicoéconomique. Je vais maintenant faire une étude du projet de R & D Datrix pour mettre en lumière cette contribution et examiner la façon dont une entreprise mobilise une communauté technicienne. Datrix est un projet de R et D en génie logiciel et je vais tenter de mettre en lumière l'interconnexion entre Bell Canada et la communauté de spécialistes du génie logiciel. Dans mon approche, je m'inspire des études sur la circulation des connaissances et les intrants de l'innovation technicoéconomique⁶⁵⁵. Les auteurs de ces études font des analyses bibliométriques et documentaires de secteurs d'activités technicoéconomiques. J'utilise une méthode similaire mais en centrant mon étude documentaire autour d'un projet de R et D.

competitive advantage. This is because specific assets often arise from a firm's prior history. In a sense, they represent the firm's particular assemblage of physical assets and prior learning. Specific assets often have a high tacit component and are thus not readily imitable [sic], absent the exit of a number of key individuals ».

⁶⁵⁴ Teece (1998, p. 65) : « *Even understanding what all the relevant routines are that support a particular competence may not be transparent. Indeed, Lippman and Rumelt have argued that some sources of competitive advantage are so complex that the firm itself, let alone its competitors, does not understand them* ». Winter (1987, p. 171) : « *the fact that the myriads of relationships that enable the organization to function in a coordinated way are reasonably understood by (at most) the participants in the relationship and a few others means that the organization is certainly accomplishing its aims by following rules that are not known as such to most participants in the organization* ».

⁶⁵⁵ Voir Faulkner et Senker (1995) et Hicks et Katz (1996).

13.7 Le projet Datrix

On peut se faire une idée du projet Datrix à l'aide des documents publics diffusés par l'équipe qui le réalise⁶⁵⁶. Le projet de R et D Datrix contribue à l'amélioration des moyens dont dispose Bell Canada. Il visait au départ une innovation de procédés plutôt qu'une innovation de produit. Les procédés qu'il cherche à améliorer sont ceux entourant l'acquisition de logiciels. Bell Canada ne conçoit pas ses logiciels mais les achète de firmes spécialisées dans le domaine. L'impartition permet de mobiliser les compétences de spécialistes du domaine qui bénéficient d'économies d'échelle et de compétences particulières mais elle n'est pas sans risques et sans problèmes. Le choix de faire affaire avec des fournisseurs étant arrêté, le rôle de l'équipe Datrix est de contribuer à rendre les relations avec ces fournisseurs profitables pour Bell Canada. L'acquisition de logiciels pose un certain nombre d'enjeux et de problèmes à Bell Canada que décrivent les documents de l'équipe Datrix. D'abord les sommes en jeu sont considérables. Bell dépense près de 1,3 milliard de dollars par année pour les

⁶⁵⁶ Voici la liste de ces documents, telle qu'elle apparaît en date du 15 juin 2000 à la page Web www.iro.umontreal.ca/labs/gelo/datrix/RD/RD.htm :

« Articles about software architecture:

Laguë, B., Leduc, C., Le Bon, A., Merlo, E., Dagenais, M., « *An Analysis Framework for Understanding Layered Software Architectures* », IWPC 98.

Laguë, B., Leduc, C., A., Merlo, E., Dagenais, M., « *A Framework for the Analysis of Layered Software Architectures* », WESS 97, Bary, Italy.

Laguë, B., Leduc, C., « *Assessment of the Partitioning of Large OO design in Files Using Metrics* »_OOPSLA Workshop 97.

Articles about function cloning:

Laguë, B., Proulx, D., Merlo, E., Mayrand, J., Hudepohl, J., « *Assessing the Benefits of Incorporating Function Clone Detection in a Development Process* », ICSM 97, Bary, Italy.

Mayrand, J., Leblanc, C., Merlo, E., « *Automatic Detection of Function Clones in a Software System Using Metrics* », ICSM96.

Mayrand, J., Laguë, B., Hudepohl, J., « *Evaluating the Benefits of Clone Detection in the Software Maintenance Activities in Large Scale Systems* », WESS96

Articles about our overall approach:

Mayrand, J., Coallier, F., « *System Acquisition Based on Product Assessment* », ICSE 96.

Laguë, B., « *Assessing Risks related to Software Source Code using DATRIX™* », QAMC97.

Articles about Object-Oriented analysis:

Mayrand, J., Laguë, B., « *Object Oriented Architecture Assessment Using Metrics* », OOPSLA96.

Mayrand, J., Guay, F., Merlo, E., « *Inheritance Graph Assessment Using Metrics* », ISMS96 (International Software Metrics Symposium), Berlin, 25-29 march, 1996 ».

systèmes à base de logiciels qu'elle utilise⁶⁵⁷. Les logiciels de télécommunication et de gestion de réseau (effectuant la facturation, par exemple) sont des composantes cruciales des moyens qu'assemble un télécommunicateur comme Bell Canada⁶⁵⁸. La variété et la qualité des services qu'un télécommunicateur peut vendre dépendent très étroitement de ces logiciels⁶⁵⁹. Les nouveaux services offerts par les télécommunicateurs sont presque toujours le fruit d'innovations sur le plan des logiciels, en particulier dans les nouvelles versions des logiciels déjà utilisés⁶⁶⁰. Les documents de l'équipe Datrix évoquent, par exemple, de très gros logiciels de télécommunication, 15 millions de lignes de programmation, qui en sont à leur sixième version⁶⁶¹. Lorsqu'un télécommunicateur achète un système comprenant de tels logiciels, il s'engage dans un très gros investissement à long terme⁶⁶². Il est important que les logiciels puissent être modifiés et améliorés sans avoir à être remplacés. Cette possibilité d'évolution devient un critère important dans l'évaluation des systèmes et des logiciels en vue de leur acquisition⁶⁶³. Cette

⁶⁵⁷ Coallier, Mayrand et Laguë (1999, p. 23) : « *Bell Canada, a major provider of telecommunication services, purchases about 1.3 billion Canadian dollars of software-based products per year. This includes the outsourcing of all of its management information systems (MIS) development and maintenance as well as computer based telecommunication products* ».

⁶⁵⁸ Laguë et April (1996), p. 1 : « *Bell Canada telecommunication network operations depends on more than 50 million lines of code. This number increases yearly as the network becomes more digital and the operational support systems are introduced to mechanize the administration* ».

⁶⁵⁹ Laguë et April (1996), p. 1 : « *Competitiveness in this market is imposing quick turn around on delivery of new services. These new services are software intensive and concentrate mostly on enhancing the existing base of software to deliver new features* ». Mayrand et Coallier (1996), p. 1 : « *The quality of services we offer to our customers is directly related to the quality of the systems integrated in our telecommunications infrastructure. This infrastructure integrates real-time, monitoring, and management information systems. The service quality perception of our customers is related to the reliability, cohesion, and flexibility of this infrastructure. This infrastructure is in continuous enhancement mode, where systems and software are added, updated or replaced constantly. To keep a high level of serviceability to our customers, these new acquisitions have to be of highest quality* ».

⁶⁶⁰ « *We have observed that, despite the fact that telecommunications equipment are very hardware intensive, most of the new features arise from subsequent software releases* », Laguë, Bruno, *Software Architecture Must Match Development Team Architecture*, disponible à l'adresse suivante : www.cs.umd.edu/~sharip/wess/papers/lague.html.

⁶⁶¹ Voir par exemple Laguë, Proulx, Mayrand, Merlo et Hudepohl (1997) p. 3.

⁶⁶² Mayrand et Coallier (1996, p. 2) : « *systems are acquired for a long period and are due to evolve several times before their retirement* ».

⁶⁶³ « [...] *we know from the start that the software portion will evolve at a frenetic rate. The "evolvability" of the software thus became one of our key criteria for selecting new systems. The situation we want to avoid is to see that new releases that take longer and longer to*

caractéristique des logiciels est appelée « *maintainability* » dans les documents de l'équipe Datrix⁶⁶⁴. Le projet de R et D Datrix vise le développement d'un outil appelé Datrix permettant d'évaluer de façon rentable cette caractéristique des logiciels d'importance stratégique pour Bell Canada. La possibilité d'évolution d'un logiciel ne peut s'évaluer comme ses fonctionnalités, ses performances, et sa fiabilité. On peut évaluer ces caractéristiques directement en mettant le logiciel à l'épreuve. L'évolutivité d'un logiciel ne peut, quant à elle, s'évaluer sans ouvrir la boîte noire, sans avoir accès à son programme source pour vérifier comment il est bâti. Cette vérification pose trois problèmes. Le premier problème concerne la possibilité d'avoir accès au programme source des logiciels. Les fournisseurs peuvent être réticents à donner accès à leur programme source à un client éventuel. Le deuxième problème concerne les caractéristiques qu'il faut repérer et analyser dans le programme source pour évaluer la possibilité d'évolution des logiciels. Le troisième problème concerne la faisabilité pratique et économique de cette évaluation, les programmes sources des logiciels que Bell Canada achète comportant souvent des centaines de milliers voire des millions de lignes. L'outil développé dans le cadre du projet Datrix résout au moins partiellement ces problèmes. Datrix est un outil en bonne partie automatisé qui fournit des mesures et une représentation graphique de caractéristiques importantes des programmes. Voici comment Mayrand et Coallier décrivent Datrix :

Datrix is a source code static analysis tool. It includes procedural language parsers for C, FORTRAN, PASCAL, COBOL, as well as

produce, and that they can break features that were previously working correctly. It is very difficult to make such risk prediction when acquiring a new product », Laguë, Bruno, Software Architecture Must Match Development Team Architecture , disponible à l'adresse suivante : www.cs.umd.edu/~sharip/wess/papers/lague.html.

⁶⁶⁴ Coallier, Mayrand et Laguë (1999, p. 24) : « *Software products need to evolve in response to changes in business environment or practices, or changes in technology. If the product becomes difficult to enhance, significant costs can be incurred. At a certain point, the product may need to be partially or completely re-designed, or replaced by another one. This attribute of a software product is referred to as "maintainability" ».* Mayrand et Coallier (1996, p. 7) : « *The tool was initially developed at the engineering school École Polytechnique de Montréal. The*

*object oriented language parsers for C++ and proprietary languages. These parsers translate source code into an abstraction independent of the programming language. The output of the parsers is called an Intermediate Representation Language (IRL) file [5]. Metrics and graphical representations are then derived from this abstraction. The abstraction captures the data type graph, the function call graph and the control flow graphs. More than fifty metrics are calculated on these graphs*⁶⁶⁵.

13.8 Datrix et la stratégie d'impartition

De toute évidence, un outil comme Datrix facilite le recours à l'impartition du développement et de l'entretien des gros logiciels dont Bell Canada a besoin. Avec l'extension continue des marchés, les possibilités de spécialisation et donc d'échanges avantageux augmentent de jour en jour. Les expériences d'impartition sont des manifestations importantes des processus entrepreneuriaux de recherche d'échanges avantageux non exploités. Les relations d'échange qui forment une relation d'impartition peuvent être délicates à établir. C'est le cas pour les gros logiciels qui doivent pouvoir évoluer. La valeur d'un logiciel dépend de cette possibilité d'évolution, or celle-ci est difficile à établir avant l'échange. L'outil Datrix permet une meilleure connaissance du produit échangé et de la possibilité qu'il puisse être amélioré. Datrix permet donc une meilleure connaissance de la valeur des logiciels achetés. Il contribue à lever un obstacle important à la stratégie d'impartition. Ce service, Datrix pourrait le rendre à tous les utilisateurs de gros logiciels puisqu'il s'agit d'une technologie générique. Les caractéristiques qu'il met au jour ne sont en rien propres aux logiciels de télécommunication. La meilleure façon de tirer profit de Datrix dépend de la nature des actifs complémentaires

tool and methodology were developed from 1985 up to 1993 where the technology was gradually transferred to Bell Canada Quality Engineering group ».

⁶⁶⁵ Mayrand et Coallier (1996), p. 3.

nécessaires à son développement et à sa commercialisation. Il est fort possible que la meilleure option soit de céder Datrix à une entreprise spécialisée dans le domaine des services en génie logiciel, une entreprise qui disposerait de tous les actifs complémentaires nécessaires pour réussir le développement et la commercialisation profitable de Datrix. Bell Canada pourrait alors acheter en sous-traitance les services rendus par Datrix sans assumer la plus grande part des coûts de son développement et de sa commercialisation. Datrix est probablement, pour cette raison, une innovation technicoéconomique inachevée sur les plans organisationnel et commercial. Datrix n'en demeure pas moins une véritable innovation technicoéconomique dont on peut apprendre beaucoup. Aussi vais-je maintenant tenter de retracer sa genèse de façon à mettre en lumière la nature des machines sociales qui l'ont rendu possible.

13.9 La conception et le développement de Datrix

Le projet de R et D Datrix a été amorcé en partenariat avec des chercheurs de l'École Polytechnique vers 1985 après un examen des outils disponibles sur le marché⁶⁶⁶. D'outil de recherche universitaire dans un premier temps, Datrix a été transformé en outil de travail industriel⁶⁶⁷. Cette transformation a consisté à rendre possible le traitement en parallèle sur plusieurs ordinateurs pour que le travail se fasse plus rapidement, à augmenter le niveau d'automatisation pour la même raison, à ajouter des instruments de mesure pour les programmes bâtis dans la perspective « objets », et à rendre possible la lecture des programmes écrits en C++, une version « objets » du langage C⁶⁶⁸.

⁶⁶⁶ Coallier, Mayrand et Laguë (1999, p. 30) : « *After a survey of the tools available on the market, twelve years ago, we decided with a university partner to develop our own tool an assessment method* ».

⁶⁶⁷ Mayrand et Coallier (1996, p. 7) : « *We rapidly found out that there was a large gap between a university research tool and an industrial strength quality assurance tool* ».

⁶⁶⁸ Mayrand et Coallier (1996, p. 7) : « *The main improvements added were the capacity to conduct analysis using a distributed environment, the object oriented metrics and the C++ parser. We also improved greatly the automation of the report generation* ».

Je vais maintenant procéder à une analyse des documents diffusés par l'équipe du projet Datrix dans le but de mettre en lumière la nature et le rôle des machines sociales à l'œuvre dans sa genèse.

13.10 Analyse documentaire du projet Datrix

Pour débiter, voici la liste des auteurs des 10 documents que diffuse l'équipe du projet Datrix par son site Web, classée par ordre décroissant du nombre d'articles signés et avec l'affiliation des auteurs.

Tableau 1. Liste des auteurs des documents diffusés sur le site du projet Datrix

Articles	Auteur	Organisation
7	Laguë	Bell Canada
6	Mayrand	Avant 1996 Bell Canada, après 1996 Telsoft Ventures Inc.
5	Merlo	École Polytechnique
3	Leduc	Bell Canada
2	Dagenais	École Polytechnique
2	Hudepohl	Nortel Technologies
1	Coallier	Bell Canada
1	Guay	Bell Canada
1	Le Bon	Nortel Technologies
1	Leblanc	Bell Canada
1	Proulx	Bell Canada

Cette liste d'auteurs nous donne un indice du rôle joué par les employés de Bell Canada dans le développement de Datrix. Elle nous donne également un indice du rôle joué par l'École Polytechnique de Montréal par l'intermédiaire des professeurs Ettore Merlo et Michel Dagenais. Ce rôle devient plus évident encore quand on remplace l'affiliation par le lien avec l'École Polytechnique, comme dans le tableau suivant :

Tableau 2. Lien des auteurs avec l'École Polytechnique

Articles	Auteur	Lien avec l'École Polytechnique
7	Laguë	B. génie informatique , M. Sc. A. génie électrique, École Polytechnique ⁶⁶⁹
6	Mayrand	M. Sc. A. École Polytechnique ⁶⁷⁰
5	Merlo	Professeur, École Polytechnique
3	Leduc	B. génie civil et M. Sc. A. génie informatique, École Polytechnique ⁶⁷¹
2	Dagenais	Professeur, École Polytechnique
2	Hudepohl	?
1	Coallier	B. génie physique, M. Sc. A. et Ph. D. École Polytechnique ⁶⁷²
1	Guay	?
1	Le Bon	?
1	Leblanc	B. génie ⁶⁷³
1	Proulx	?

Ce tableau nous fait soupçonner des contributions de l'École Polytechnique à la fois sur le plan de la formation et sur celui de la recherche⁶⁷⁴. Laguë, Mayrand, Leduc et Coallier sont des diplômés de l'École Polytechnique où ils ont tous obtenu une maîtrise en science appliquée. Ettore Merlo et Michel Dagenais

⁶⁶⁹ Voir Laguë, Bruno (1998), « Software Architecture must Match Development Team Architecture, WESS (Workshop on Empirical Software Studies, Nov. 98, Washington. www.cs.umd.edu/~sharip/wess/paper/lague.html : « Bruno received an M. A. Sc. Degree in Electrical Engineering (Telecommunications) in 91 with the "best thesis award" from Ecole Polytechnique of Montreal, and the B. Eng. Degree in Computer/Software Engineering in 89, also from Ecole Polytechnique ».

⁶⁷⁰ Voir le mémoire de maîtrise de Jean Mayrand déposé en 1991 à l'École Polytechnique de Montréal sous le titre *Modélisation du code source par niveaux sémantiques*.

⁶⁷¹ Voir le curriculum vitæ de Charles Leduc à l'adresse suivante :

<http://www.info.polymtl.ca/~leduc/auteur/cv1997.html>.

⁶⁷² Voir <http://www.lrgl.uqam.ca/team/francois.html> : « **Education**, Ph.D. in Electric Engineering (ongoing)- École Polytechnique de Montréal, MASC. (Electrical Engineering/Software Engineering) École Polytechnique de Montréal, B Eng (Eng. Physics) École Polytechnique de Montréal, Bsc (Biology) McGill University ».

⁶⁷³ Voir www.iro.umontreal.ca/labs/gelo/dxteam/dxteam.htm. Aucun document n'indique où Claude Leblanc a obtenu son diplôme.

⁶⁷⁴ Ce que confirment Mayrand et Coallier (1996, p. 7) : « One of the great benefit of having the tool developed at a university was the availability of graduate students that we could hire afterwards. Most of the engineers that work on software product assessments in Bell Canada were part of the university research team ».

animent pour leur part le Laboratoire de Conception et d'Analyse de Systèmes Informatiques (CASI) de l'École Polytechnique⁶⁷⁵.

On peut trouver d'autres documents liés à l'équipe du projet Datrix en examinant les références des documents diffusés sur son site Web, et en effectuant une recherche dans Internet à l'aide de moteurs de recherche courants (Altavista, Fast Search)⁶⁷⁶. Ces documents témoignent eux également du rôle de l'École Polytechnique. Ils nous informent que Coallier et Mayrand ont déposé des mémoires de maîtrise en génie logiciel à l'École Polytechnique [documents 2) et 9)]. On y voit le nom de Pierre-N. Robillard, un professeur de l'École Polytechnique qui a dirigé le mémoire de maîtrise de Coallier en 1987, celui de

⁶⁷⁵ Voir la page Web www.casi.polymtl.ca/. Sur cette page, on lit entre autres que : « La plupart de nos projets sont réalisés en collaboration et avec le financement du groupe Quality Engineering and Research de Bell Canada ».

⁶⁷⁶ 1) Balazinska, Magdalena, Ettore Merlo, Michel Dagenais, Bruno Laguë et Kostas Kontogiannis (1998), « Partial Redesign of Java Software Systems Based on Clone Analysis », *Proceedings of the Sixth Conference on Reverse Engineering*.

2) Coallier, François (1987), *La caractérisation de la structure des programmes sources*, Mémoire, École Polytechnique.

3) Coallier, François (1994), « How ISO 9001 Fits Into the Software World », *IEEE Software*, janvier 1994, p. 98-100.

4) Coallier, François, Mayrand, Jean et Bruno Laguë (1999), « Risk Management in Software Product Procurement », dans *Elements of Software Process Assessment and Improvement*, sous la direction de K. El Emam et N.H. Madhavji, IEEE, Computer Society Press.

5) Équipe Datrix (1998), « Netscape's Communicator 5.0 Datrix Source Code Analysis », www.iro.umontreal.ca/labs/gelo/datrix/Mozilla-analysis/contents.html.

6) Keller, Rudolf, Bruno Laguë et Reinhard Schauer (1998), *International Workshop on Large-Scale Software Composition*.

7) Laguë, Bruno et Alain April (1996), « Mapping of Datrix software metrics set to ISO 9126 Maintainability Subcharacteristics », *SES Workshop 96* (Forum on Software Engineering Standards Issues, Montréal. October 21-25 1996).

8) Mayrand, Jean (1991), *Métriques basées sur la modélisation par niveaux sémantiques des programmes sources*, EPM/RT-91/19, École Polytechnique.

9) Mayrand, Jean (1991), *Modélisation du code source par niveaux sémantiques*, mémoire, École Polytechnique.

10) Mayrand, Jean, Jean-François Patenaude, Michel Dagenais et Bruno Laguë (2000), « Software Assessment Using Metrics: A Comparison Across Large C++ and Java Systems », *Annals of Software Engineering* 9 (2000).

11) Patenaude, Jean-François, Ettore Merlo, Michel Dagenais et Bruno Laguë (1998), « Extending Software Quality Assessment Techniques to Java Systems », *Proceedings of the Seventh International Workshop on Program Comprehension*.

12) Robillard, P.N., D. Coupal et François Coallier (1991), « Profiling Software Through the Use of Metrics, Software-Practice and Experience », vol. 21 (5), mai p. 507-518.

13) Robillard, P.N. et Jean Mayrand (1992), « Module Complexity Level Classification », ICASM 92 (*Proceedings of the 3rd International Conference on Application of Software Measurement*, San Diego).

Mayrand en 1991 de même que celui de Coupal en 1990⁶⁷⁷, ce dernier signant un article avec Robillard et Coallier en 1991 [document 12)]. Pierre-N. Robillard est l'auteur de plusieurs articles se rapportant à Datrix, à l'évaluation et à la mesure des caractéristiques des logiciels⁶⁷⁸. Au moins quatre de ces

⁶⁷⁷ Sur la page Web <http://www.gegi.polymtl.ca/info/robillard/CVPub.htm> on trouve une liste des mémoires de maîtrise que Pierre-N. Robillard a dirigé à l'École Polytechnique de Montréal. Voici cette liste :

- « 1. Labelle, S. (1999), Validation d'une étude empirique qualitative en génie logiciel, 150 p.
2. Binet, G. (1999), Analyser les activités individuelles spécifiques d'une tâche de conception de logiciel éducatif, 51 p.
3. Gagnon, P. (1999), Projet contexedit - conception du SMML, une structure électronique de document basée sur les macrostructures de Van Dijk., 1999. 147p
5. Poulin, M-A. (1997), Un modèle de qualité logicielle basé sur une architecture favorisant l'agrégation des données selon le processus d'analyse hiérarchique,
6. Truchon, Martin (1996), Application des modèles de compréhension des programmes au pseudocode schématique
7. Trudel, F. (1995), L'essence et l'objet: les mécanismes de gestion de la complexité logicielle.
8. Beneteau de Laprairie, H. (1995), Influence de l'activité de maintenance sur les caractéristiques statiques du code source.
9. Sabbah, M. (1993), Mesure dynamique du processus de développement des logiciels.
10. Mayrand, J. (1991), Modélisation par niveaux sémantiques des programmes sources.
11. Simoneau, M. (1990), Modèle d'acquisition et de représentation de l'information des programmes sources.
12. Coupal, D., 1990, Analyse statistique des métriques du logiciel.
13. Trouve, J.B., 1989, Restructuration automatisée de programme FORTRAN en pseudocode schématique.
14. Grenier, A., 1989, Méthode de construction de traducteurs de pseudocode schématique
15. Coallier, F., 1988, La caractérisation de la structure de programmes sources.
16. Romdhani A., 1986, Méthode d'évaluation de la qualité du logiciel ».

⁶⁷⁸ Voici une liste de ces documents basée sur la page Web

<http://www.gegi.polymtl.ca/info/robillard/CVPub.htm> :

- [1] Boloix, G., Robillard, P.,N., « A Hierarchical Approach to Aggregating Software Systems Evaluation data », EPM/RT-94/27, 35 pages, 1994.
- [2] Boloix, G., Robillard, P.,N., « A software system evaluation framework », IEEE Computer, décembre, p. 17,26, 1995.
- [3] Coallier, F., Robillard, P.N., « Datrix: A Software Workmanship Evaluation Tool », *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, Montréal, septembre 17-20, 1989, p. 958-961.
- [4] Coupal, D., Robillard, P.N., « Preliminary Results of Factor Analysis of Source Code Metrics », *2nd Annual Oregon Workshop on Software Metrics*, Portland University, Oregon, March 19-20, 1990, session E.
- [5] Coupal, D. and Robillard, P.N., « Factor Analysis of Source Code Metrics », *Journal of Systems and Software*, 12: p. 263-269, décembre 1990.
- [6] Robillard, P.N., « Static Analyzer », *Workshop on Metrics in Software Evolution*, October 19-20, Bonn, Germany, 1993.
- [7] Robillard, P.N., « Practical experiences with Static Metrics », EPM/RT-94/12, 18 pages, 1994.
- [8] Robillard, P.N., « Beyond Static Metrics », EPM/RT-94/26, 25 pages, 1994.
- [9] Robillard, P.N., « Module Coupling and Control Flow representation Based on Static Analysis », *Metrics in Software evolution*, GMD_BERICH, VERLAG, p. 139-155, 1995.

documents sont signés conjointement par François Coallier et Pierre-N. Robillard (les documents [3], [12], [13] et [14]). Le document [14] porte également le nom de Jean Mayrand. Les documents [8], [9] et [10] sont disponibles par téléchargement⁶⁷⁹. Je les ai examinés. Les remerciements sont très instructifs. Je les reproduis ici.

Document [8] (1994) :

This paper summarizes the work resulting from a team effort. Many people have been working on this project in the past five years. My thanks to André Beaucage and Jean Mayrand for their major involvement in the design and development of the software tool DATRIX, and to software engineers Martin Leclerc and Claude Leblanc for the implementation. Thanks, too, to Dr. Germinal Boloix for his fruitful comments and discussion on the subject and to the many graduate students who participated in this project, specifically Jean Mayrand (Ph.D.), Jean Sebastien Neveu, Philippe Mathieu and Hélène Beneteau de Laprairie. This work is supported by BELL CANADA. We are grateful to professionals from Francois Coallier's group at Bell Canada for their supports and comments.

[10] Robillard, P.N., « Analyzing, Presenting and Using Static Measurements », *Metrics in Software Evolution*, GMD-BERICHT,VERLAG, p. 125-138, 1995.

[11] Robillard, P.N. and Boloix, G., « The interconnectivity metrics: A New Metric Showing How a Program is Organized », *The Journal of Systems and Software* 10: p. 29-39, Oct. 1989.

[12] Robillard, P.N., Coallier, F., « Practical Experiences with Source Code Based Measurement », *Int'l Conf on Applications of Software Measurement*, San Diego, Novembre 12-14, 1990, p. 226-235.

[13] Robillard, P.N., Coallier, F., Beaucage, A., Simondeau, M., « A New Tool for Software Quality Assessment », CIPS90, Ottawa, May 16-19, 1990, p. 253-262.

[14] Robillard, P.N., Coallier, F., Mayrand, J., « Comment visualiser la qualité des logiciels », *Canadian Conf. on Electrical and Computing Eng.*, Ottawa, Septembre 4-6, 1990, p. 11.4.1, 11.4.4.

[15] Robillard, P.N., Coupal, D., « Study on the Normality of Metric Distribution », *3rd Annual Oregon Workshop on Software Metrics*, March 17-19, 1991, p. IV-1 to IV-8.

⁶⁷⁹ Document [8] : http://www.gegi.polymtl.ca/info/robillard/article/EPM_94_26.html ;

document [9] : http://gegisy01.gegi.polymtl.ca/info/robillard/article/GMD_CF.html ;

document [10] : http://gegisy01.gegi.polymtl.ca/info/robillard/article/GMD_MESF.html.

Document [9] (1995) :

We thank members of our group who have worked on these projects, and offer special thanks to André Beaucage, Jean Mayrand, and Martin Leclerc. Support for this work was provided in part by Bell Canada, the National Research Council of Canada (under grant A0141), and the various organizations that apply these approaches and provide us with meaningful feedback.

Document [10] (1995) :

We thank members of our group who have worked on these projects, and offer special thanks to André Beaucage, Jean Mayrand, Frederick Chouinard and Martin Leclerc. Support for this work was provided in part by Bell Canada, the National Research Council of Canada (under grant A0141), Schemacode International inc., and the various organizations that apply these approaches and provide us with meaningful feedback.

Les trois documents affirment que Bell Canada a fourni une partie du financement des travaux desquels ces documents sont tirés. Le document [8] attribue à André Beaucage et à Jean Mayrand une contribution importante à la conception et au développement de Datrix. Selon ce même document, Martin Leclerc et Claude Leblanc auraient contribué, pour leur part, à la programmation initiale de Datrix.

Les données que je viens de présenter nous indiquent que Datrix a d'abord été conçu à l'École Polytechnique par Pierre-N. Robillard et par ses étudiants, en particulier Jean Mayrand et François Coallier, tous les deux embauchés par

Bell Canada. À partir de 1996, Bruno Laguë, Ettore Merlo et Michel Dagenais prennent progressivement la relève de Mayrand, Coallier et Robillard dans le développement de Datrix, ce qui correspond probablement à l'arrivée de Laguë à la tête de l'équipe Datrix et au départ de Mayrand pour Telsoft Ventures. Ce changement de garde semble confirmé par le tableau suivant, qui nous indique le nombre d'articles signés chaque année par chacun des participants au projet Datrix⁶⁸⁰.

Tableau 3. Nombre de publications par auteur et par année

Année	Nombre de publications par auteur
1987	1 Coallier
1989	2 Robillard, 1 Coallier, 1 Boloix
1990	5 Robillard, 3 Coallier, 2 Coupal, 1 Mayrand, 1 Beaucage, 1 Simondeau
1991	2 Mayrand, 2 Robillard, 2 Coupal, 1 Coallier
1992	1 Robillard, 1 Mayrand
1993	1 Robillard
1994	3 Robillard, 1 Coallier, 1 Boloix
1995	3 Robillard, 1 Boloix
1996	5 Mayrand, 3 Laguë, 2 Merlo, 1 April, 1 Coallier, 1 Guay, 1 Leblanc, 1 Hudepohl
1997	4 Laguë, 2 Leduc, 2 Merlo, 1 Proulx, 1 Mayrand, 1 Dagenais, 1 Hudepohl
1998	3 Laguë, 2 Merlo, 2 Dagenais, 1 Balazinska, 1 Keller, 1 Patenaude, 1 Leduc, 1 Schauer, 1 Le Bon
1999	1 Coallier, 1 Mayrand, 1 Laguë
2000	1 Mayrand, 1 Patenaude, 1 Dagenais, 1 Laguë

13.11 Bell Canada et la communauté de spécialistes en génie logiciel

Les données que j'ai présentées dans la section précédente nous permettent d'attribuer un rôle important à des professeurs et à des diplômés de l'École Polytechnique de Montréal dans l'accès de Bell Canada au savoir de la communauté d'experts en génie logiciel. Essayons maintenant de cerner en peu

⁶⁸⁰ Les données sont tirées des documents que j'ai présentés dans les pages précédentes.

plus précisément la nature de la communauté de spécialistes dans laquelle s'insèrent les participants au projet Datrix. Pour ce faire, je propose d'examiner dans un premier temps les références des documents diffusés sur le site Internet de l'équipe Datrix en leur ajoutant les documents des participants au projet Datrix qui n'apparaissent pas dans ces références. Au total, on obtient la liste suivante avec le nombre de fois qu'une référence apparaît dans l'ensemble des documents.

Tableau 4. Liste des références apparaissant dans les documents liés au projet Datrix

	Occurrences	Référence
1	12	Mayrand, Jean et François Coallier (1996), System Acquisition Based on Software Product Assessment, ICSE (18th International Conference on Software Engineering, Berlin, March 25-29, 1996).
2	6	ISO 9126 (1991), Information Technology—Software Product Evaluation—Quality Characteristics and Guidelines for their use,
3	6	Mayrand, Jean, Bruno Laguë, et John Hudepohl (1996), Evaluating the Benefits of Clone Detection in the Software Maintenance Activities in Large Scale Systems, WESS 1996 (Workshop on Empirical Software Studies, Monterey, California).
4	6	Laguë, Bruno (1997), Assessing Risks Related to Software Source Code Using Datrix, QAMC Workshop 1997 (Quality Assurance Management Workshop, Ojai, California, mai 1997).
5	5	Laguë, Bruno et Alain April (1996), Mapping of Datrix software metrics set to ISO 9126 Maintainability Subcharacteristics, SES Workshop 96 (Forum on Software Engineering Standards Issues, Montréal. October 21-25 1996).
6	5	Mayrand, Jean, François Guay, Ettore Merlo (1996), Inheritance Graph Assessment Using Metrics, ISMS (International Software Metrics Symposium, Berlin, 25-29 march, 1996).
7	5	Mayrand, Jean, C. Leblanc, Ettore Merlo (1996), (Experiment on the) Automatic detection of Function Clones in Software System Using Metrics, ICSM 96 (International Conference on Software Maintenance, Monterey, November 8, 1996).
8	4	Laguë, Bruno, Daniel Proulx, Jean Mayrand, Ettore Merlo, John Hudepohl (1997), Assessing the Benefit of Incorporating Fonction Clone Detection in a Development Process, ICSM 97 (International Conference on Software Maintenance 97), Bari, Italy, Septembre 1
9	3	Schneidewind, N.F., H. Hoffman (1979), An Experiment in Software Error Data Collection and Analysis, IEEE Transaction on Software Engineering, SE-5, 3, mai.
10	3	Basili, V., G. Caldiera, D. Rombach (1994), The Goal Question Metric Approach, Encyclopedia of Software Engineering, Wiley.
11	3	Jones, C. (1994), Assessment and Control of Software Risks Yourdon

		Press Computing Series.
12	3	Laguë, Leduc, Merlo, Dagenais (1997), A Framework for the Analysis of Layered Software Architectures, 'WESS 97.
13	3	Bell Canada, Datrix Reference Manual, 1995, 1996
14	2	McCabe, T.J. (1990), Reverse Engineering, Reusability, Redundancy: The Connection, American Programmer, 3, 10, octobre 1990, p. 8-13.
15	2	Mayrand, Jean (1991), Métriques basées sur la modélisation par niveaux sémantiques des programmes sources, EPM/RT-91/19, École Polytechnique.
	Occurences	Référence
16	2	Mayrand, Jean (1991), Modélisation du code source par niveaux sémantiques, mémoire, École Polytechnique.
17	2	Munson, John, Taghi Khoshgoftaar (1992), The detection of Fault-Prone Programs, IEEE Transaction on Software Engineering, vol. 18, no 5, mai.
18	2	Buss, E. et al. (1993), Investigating Reverse Engineering Technologies for the CAS Program Understanding Project, IBM Systems Journal, vol.33, no 3, p. 477-500.
19	2	Johnson, H. (1993), Identifying Redundancy in Source Code Using Fingerprints, Cascon 93, IBM Centre for Advanced Studies, Toronto, vol. 1, p. 171-183.
20	2	Paulk, Mark C., Bill Curtis, Mary Beth Chrissis (Chrissy), Charles Weber (1993), Capability Maturity Model for Software, CMU/SEI-93-TR-24.
21	2	Booch, Grady (1994), Object-Oriented Design with Applications, The Benjamin/Cummings Publishing Company, 2e édition.
22	2	Chidamber, S.R., C. Kemerer (1994), A Metrics Suite for Object-Oriented Design, IEEE, IEEE Transaction on Software Engineering, vol. 20, no 6.
23	2	Lorenz, Mark, Jeff Kidd (1994), Object-Oriented Software Metrics, Prentice-Hall.
24	2	Baker, S.B. (1995), On Finding Duplication and Near-Duplication in Large Software Systems, WCRE (Proceedings of the Working Conference on Reverse Engineering 1995, Toronto).
25	2	Coallier, François, Richard McKenzie, John F. Wilson, Joe Hatz (1995), TRILLIUM—Model for Telecom Product Development & Support, Bell Canada.
26	2	ISO/IEC 12207 (1995), Information Technology—Software Life Cycle Processes.
27	2	Kontogiannis, K., R. DeMori, M. Bernstein, M. Galler, Ettore Merlo (1995), Pattern Matching for Design Concept Localization, WCRE 1995 (Proceedings of the Second Working Conference on Reverse Engineering 1995, Toronto).
28	2	Fiutem, R., P. Tonella, G. Antonioli, Ettore Merlo (1996), A Cliché-Based Environment to Support Architectural Reverse Engineering, ICSM96
29	2	Hudepohl, J., S. Aud, T. Khoshgoftaar, E. Allen, Jean Mayrand (1996), EMERALD: Software Metrics and Models on the Desktop, IEEE Software, September 1996.
30	2	Kontogiannis, K., R. DeMori, Ettore Merlo, M. Galler, M. Berstein (1996), Pattern Matching for Clone and Concept Detection, Journal of Automated Software Engineering, mars.
31	2	Lakos, J. (1996), Large Scale C++ Software Design, Addison-Wesley.

32	2	Laguë, Bruno, Charles Leduc (1997), Assessment of the Partitioning of large OO design in Files using Metrics, OOPSLA97 Workshop on OO Quality, October 97, Atlanta.
33	2	Laguë, Bruno, Charles Leduc, André Le Bon, Ettore Merlo, Michel Dagenais (1998), An Analysis Framework for Understanding Layered software Architectures, IWPC98 (International Workshop on Program Comprehension, June 98, Ischia, Italie).
34	1	McCabe, Thomas J. (1976), A Complexity Measure, IEEE Transaction on Software Engineering, Vol. SE-2, p. 308-320.
35	1	Halstead, M.H. (1977), Elements of software Science, Elsevier.
36	1	McCall, J.A., P.K. Richards, G.F. Walters (1977), Concepts and Definitions of Software Quality Factors in Software Quality, Vol. 1.
37	1	Coallier, François (1987), La caractérisation de la structure des programmes sources, Mémoire, École Polytechnique.
38	1	Bieman, James M., Albert L. Baker, et al. (1988), A Standard Representation of Imperative Language Programs for Data Collections and Software Measures Specification, The Journal of Systems and Software, 8, p. 13-37.
39	1	Wegner (1990), Concepts and Paradigms of Object-Oriented Programming, OOPS Messenger vol. 1 no 1.
40	1	Azuma (1991), Japanese Contribution on Quality Metrics, ISO/IECJTC1/SC7/WG3, International Organization for Standardisation.
41	1	Fenton, N.E. (1991), Software Metrics, A Rigorous Approach, Chapman & Hall.
	Occurrences	Référence
42	1	Robillard, P.N., D. Coupal, François Coallier (1991), Profiling Software Through the Use of Metrics, Software-Practice and Experience, vol. 21 (5), mai p. 507-518.
43	1	Rumbaugh, James, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, William Lorensen (1991), Object-Oriented Modeling and Design, Prentice Hall.
44	1	Robillard, P.N., Jean Mayrand (1992), Module Complexity Level Classification, ICASM 92 (Proceedings of the 3rd International Conference on Application of Software Measurement, San Diego).
45	1	Schach, R.S. (1993), Software Engineering, Aksen Associates.
46	1	Coallier, François (1994), How ISO 9001 Fits Into the Software World, IEEE Software, janvier 1994, p. 98-100.
47	1	Bieman, James, Linda Ott (1994), Measuring Functional Cohesion, IEEE Transaction on Software Engineering, vol. 20, no 8, p. 644-657.
48	1	Bevan (1995), Measuring Usability as Quality of Use, Journal of Software Quality, 4, p. 115-130.
49	1	Bieman, James, Byung-Kyoo Kang (1995), Cohesion and Reuse in OO System, SRR'95, Seattle, p. 259-262, 1995.
50	1	Boloix, G. et P. Robillard (1995), A Software System Evaluation Framework, Computer, Magazine of the IEEE Computer Society, December 1995, p. 17-26.
51	1	Khoshgoflaar, T., E. Allen, K. Kalachevlan, N. Goel, J. Hudepohl, Jean Mayrand (1995), Detection of Fault-Prone Program Modules in a Very Large Telecommunications System, ISSR 95 (6th International Symposium on Software Reliability Engineering, October 19
52	1	Mayrand, Jean, Bruno Laguë (1996), Object-Oriented Architecture Assessment Using Metrics, OOPSLA96.

53	1	Clements, P.C., L.M. Northrop (1996), Software Architecture: An Executive Overview, Technical Report CMU/SEI-96-TR-003.
54	1	Henderson-Sellers, B. (1996), Object-Oriented Metrics –Measures of Complexity, Prentice-Hall.
55	1	Hitz, J., B. Montazeri (1996), Measuring Coupling in Object-Oriented Systems, Objects Currents, April.
56	1	Briand, L., P. Devanbu, W. Melo (1997), An Investigation into Coupling Measures for C++ ICSE, (International Conference on Software Engineering, Boston, mai 1997).
57	1	Coad, P., M. Mayfield (1997), Java-Inspired Design: Use Composition Rather than Inheritance, American Programmer, January 1997.
58	1	Laguë, Bruno (1998), Software Architecture must Match Development Team Architecture, WESS (Workshop on Empirical Software Studies, Nov. 98, Washington.
59	1	Coallier, Mayrand, Laguë (1999), Risk Management in Software Product Procurement, dans Elements of Software Process Assessment and Improvement, sous la dir de K. El Emam et N.H. Madhavji, IEEE, Computer Society Press.
60	0	Équipe Datrix (1998), Netscape's Communicator 5.0 Datrix Source Code Analysis. www.iro.umontreal.ca/labs/gelo/datrix/Mozilla-analysis/contents.html .
61	0	Keller, Rudolf, Bruno Laguë, Reinhard Schauer (1998), International Workshop on Large-Scale Software Composition
62	0	Laguë, Bruno (2000), Identifying Risks to Software System Evolvability using Datrix Source Code Analysis.
	132	Total

De cette liste de références, on peut extraire de nombreuses informations. On peut établir quelle est la communauté de spécialistes à laquelle se rattachent les membres de l'équipe Datrix, et quels sont ses moyens de communication. Pour débiter, on peut établir la liste de tous les auteurs cités, en précisant le nombre de fois que leur nom apparaît et à quelle organisation ils appartiennent⁶⁸¹. C'est ce que présente le tableau suivant.

Tableau 5. Liste des auteurs cités et de leur affiliation

	Auteur	Occurences	Organisation
1	Mayrand, Jean	42	Bell Canada, Telsoft Ventures
	Auteur	Occurences	Organisation

⁶⁸¹ Les documents cités indiquent souvent l'affiliation des auteurs. Quand ce n'est pas le cas, on peut recourir à des outils de recherche dans Internet pour tenter de retracer les auteurs et l'organisation à laquelle ils appartiennent. C'est ce que j'ai fait pour constituer le tableau 5.

2	Laguë, Bruno	30	Bell Canada
3	Merlo, Ettore	25	École Polytechnique de Montréal. (Centre de recherche informatique de Montréal, CRIM, de 1989 à 1993).
4	Coallier, François	18	Bell Canada
5	Hudepohl, John	13	Nortel
6	Leduc, Charles	7	Bell Canada
7	April, Alain	5	Bell Canada
8	Dagenais, Michel	5	École Polytechnique de Montréal
9	Guay, François	5	Bell Canada
10	Khoshgoftaar, Taghi	5	Florida Atlantic University
11	Leblanc, Claude	5	Bell Canada
12	Bernstein, M.	4	?
13	DeMori, Renato	4	McGill University, Montréal
14	Galler, Michael	4	McGill University, Montréal (Ph. D.)
15	Kontogiannis, K.	4	University of Waterloo, Canada. McGill University, School of Computer Science (Ph. D.)
16	Proulx, Daniel	4	Bell Canada
17	Allen, Edward B.	3	Florida Atlantic University
18	Basili, Victor	3	University of Maryland
19	Bieman, James M.	3	Colorado State University
20	Caldiera, Gianluigi	3	University of Maryland
21	Hoffman, H.	3	?
22	Jones, T. Capers	3	SPR (Software Productivity Research). Artemis Management Systems
23	McCabe, Thomas, J.	3	McCabe and Associates
24	Robillard, Pierre-N.	3	École Polytechnique de Montréal
25	Rombach, Dieter	3	Université de Kaiserslautern, Allemagne
26	Schneidewind, Norman F.	3	Naval Postgraduate School, Monterey, CA
27	Antoniol, Giuliano	2	Université de Sannio, Italie. IRST (ITC-IRST, Trento, Italie)
28	Aud, Stephen J.	2	Nortel
29	Baker, Brenda S.	2	AT&T Laboratories, Murray Hill, NJ.
	Auteur	Occurences	Organisation
30	Booch, Grady	2	Rational Software Corporation (Chief Scientist)
31	Buss, Erich	2	IBM SWS Toronto Laboratory
32	Chidamber, Shyam R.	2	The Advisory Board Company, Washington D.C.
33	Chrissis, Mary Beth	2	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University
34	Curtis, Bill	2	TeraQuest Metrics USA
35	Fiutem, R.	2	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (ITC-IRST), Trento, Italie
36	Hatz, Joe	2	Bell-Northern Research (BNR)
37	Johnson, Howard	2	Institute for Information Technology, National Research Council Canada (auparavant University of Waterloo puis Statistiques Canada)

38	Kemerer, Chris	2	Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh , USA
39	Kidd, Jeff	2	?
40	Lakos, John	2	Mentor Graphics Corporation. (graduate course "Object-Oriented Design and Programming" at Columbia University)
41	Le Bon, André	2	Nortel Technology
42	Lorenz, Mark	2	Hatteras Software Inc. ; IBM Cary Software Tech Center
43	McKenzie, Richard	2	Northern Telecom (Nortel)
44	Munson, John	2	University of Idaho (USA)
45	Paulk, Mark C.	2	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University
46	Tonella, Paolo	2	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (ITC-IRST), Trento, Italie
47	Weber, Charles	2	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University
48	Wilson, John F.	2	Bell Canada
49	Azuma, Motoei	1	Waseda University, Japon
50	Baker, Albert L.	1	Iowa State University, (Department of Computer Science)
51	Bevan, Nigel	1	Serco Usability Services, UK
52	Blaha, Michael	1	GER et D, General Electric Research and Development Center in Schenectady; OMT Associates Inc. (USA)
53	Boloix, Germinal Abad	1	École Polytechnique (Ph. D.), Collègue militaire royal du Canada
54	Briand, Lionel	1	Fraunhofer-ISST (Institute for Software and Systems Engineering) Allemagne. University of Carleton, Canada
55	Clements, Paul C.	1	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University
56	Coad, Peter	1	Object International Inc. ; TogetherSoft Corporation
57	Coupal, Daniel	1	École Polytechnique (M. Sc. A.)
58	Devanbu, Prem	1	University of California at Davis, USA
59	Eddy, Frederick	1	GER et D, General Electric Research and Development Center in Schenectady, New York
60	Fenton, Norman E.	1	University College Dublin, Oxford University and South Bank University. (1989-2000) Professor of Computing Science, Centre for Software Reliability, City University. (2000) Queen Mary and Westfield College (London University) and is also Managing Director of Agena
61	Halstead, Maurice H.	1	Purdue University
62	Henderson-Sellers, B.	1	Centre for Object Technology Applications and Research (COTAR), University of Technology, Sydney, Australia
	Auteur	Occurences	Organisation
63	Hitz, Martin	1	Institut für Angewandte Informatik und Informationssysteme, University of Vienna

64	Kalaichevian, Kalai S.	1	Nortel
65	Kang, Byung-Kyoo	1	Colorado State University
66	Lorensen, William	1	GE Corporate R et D, General Electric Research and Development Center in Schenectady, New York
67	Mayfield, Mark	1	Object International, Inc.
68	McCall, J. A.	1	Rome Air Development Center (RADC)/Rome Laboratory (Air Force Research Laboratory), New York
69	Melo, Walcelio	1	Oracle Brésil et Université Catholique de Brasilia
70	Montazeri, Behzad	1	Institut für Angewandte Informatik und Informationssysteme, Université de Vienne
71	Northrop, Linda M.	1	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University
72	Ott, Linda M.	1	Michigan Technological University, USA
73	Premerlani, William	1	GE R et D, General Electric Research and Development Center in Schenectady, New York
74	Richards, P. K.	1	Rome Air Development Center (RADC)/Rome Laboratory (Air Force Research Laboratory), New York
75	Rumbaugh, James	1	GE R et D, General Electric Research and Development Center in Schenectady, New York (1969-1994) ; Rational Software Corporation
76	Schach, Stephen R.	1	Department of Computer Science, Vanderbilt University, USA
77	Walters, G. F.	1	Rome Air Development Center (RADC)/Rome Laboratory (Air Force Research Laboratory), New York
78	Wegner, Peter	1	Computer Science Department, Brown University, USA
79	Goel, Nishith	1	Nortel Technology. CISTEL Technology inc., Ottawa
80	Keller, Rudolf	0	Université de Montréal
81	Schauer, Reinhard	0	Université de Montréal
		285	Total

Le tableau 5 rassemble des informations qui permettent de nous faire une idée des acteurs qui animent la communauté de spécialistes à laquelle se rattache le projet Datrix. Les tableaux 6 et 7 compilent ces informations. Le tableau 6 indique la liste des entreprises qui interviennent dans cette communauté⁶⁸².

⁶⁸² Le tableau 5 fournit le nombre de fois qu'un auteur est mentionné dans les références et son appartenance. Il est donc possible de compiler la liste des organisations auxquelles appartiennent les auteurs, ainsi que le nombre de fois que les auteurs appartenant à une même organisation sont cités, ce qui nous révèle la place de cette dernière dans les références.

Tableau 6. Liste des entreprises mentionnées avec fréquence de leur apparition dans les références et nombre d'auteurs par entreprise

	Occurences	Auteurs	Entreprise
1	118	9	Bell Canada
2	23	7	Nortel
3	5	5	General Electric Research and Development Center in Schenectady
4	3	1	Software Productivity Research (SPR)
5	3	1	McCabe and Associates
6	2	2	Object International Inc.
7	2	1	AT&T Laboratories, Murray Hill, NJ.
8	2	1	IBM SWS Toronto Laboratory
9	2	1	The Advisory Board Company, Washington D.C.
10	2	1	TeraQuest Metrics USA
11	2	1	Mentor Graphics Corporation
12	2	1	Hatteras Software Inc.
13	2	1	Rational Software Corporation
14	1	1	Serco Usability Services, UK
15			TogetherSoft Corporation (compté sous ObjectInternational Inc.) ⁶⁸³
16			Oracle Brésil (compté sous Université catholique de Brasilia, tableau 7)
17			Telsoft Ventures (compté sous Bell Canada)
18			OMT Associates Inc. (compté sous GER et D)
19			CISTEL Technology inc., Ottawa (compté sous Nortel)
20			Agena (compté sous University College Dublin tableau 7)
	169	33	Total

Le tableau suivant présente la même information à propos des universités et des organisations gouvernementales, semi-publiques ou militaires auxquelles appartiennent les auteurs cités dans les références.

⁶⁸³ Dans ce tableau comme dans le suivant, je mentionne des organisations sans leur attribuer une apparition dans les références. C'est que certains auteurs ont plusieurs affiliations, ou sont passés d'une organisation à l'autre sans qu'il me soit possible d'établir exactement à laquelle l'auteur appartenait au moment de la publication du document. J'attribue le document à l'organisation la plus probable mais je mentionne également les autres organisations.

Tableau 7. Liste des universités et des organisations publiques, semi-publiques ou militaires mentionnées dans les références

	Occurences	Auteurs	Organisation
1	35	5	École Polytechnique de Montréal
2	8	2	Florida Atlantic University
3	8	2	McGill University, Montréal
4	6	2	University of Maryland
5	8	5	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University
6	4	2	Colorado State University
7	4	2	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (ITC-IRST), Trento, Italie
8	4	1	University of Waterloo, Canada.
9	3	3	Rome Air Development Center (RADC)/Rome Laboratory (Air Force Research Laboratory), New York
10	3	1	Naval Postgraduate School, Monterey, CA
11	2	2	Institut für Angewandte Informatik und Informationssysteme, Université de Vienne
12	2	1	Institute for Information Technology, National Research Council Canada
13	2	1	Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh , USA
14	2	1	Université de Sannio, Italie
15	2	1	University of Idaho (USA)
16	1	1	Centre for Object Technology Applications and Research (COTAR), University of Technology, Sydney, Australia
17	1	1	Computer Science Department, Brown University, USA
18	1	1	Department of Computer Science, Vanderbilt University, USA
19	1	1	Fraunhofer-ISST (Institute for Software and Systems Engineering) Allemagne
20	1	1	Iowa State University, (Department of Computer Science)
21	1	1	Michigan Technological University, USA
22	1	1	Purdue University
23	1	1	Université catholique de Brasilia
24	1	1	University College Dublin
25	3	1	Université de Kaiserslautern, Allemagne
26	1	1	University of California at Davis, USA
27	1	1	Waseda University, Japon
28	0	2	Université de Montréal
29			Oxford University (compté sous University College Dublin)
30			South Bank University (compté sous University College Dublin)
31			Collègue militaire royal du Canada (compté sous École Polytechnique)
	107	45	Total

Les tableaux 6 et 7 nous apprennent que l'équipe Datrix fait directement référence dans ses travaux aux membres de 20 entreprises et de 31 organisations universitaires, gouvernementales ou militaires. Ce rapport de 2/3 nous indique que les entreprises semblent jouer un rôle important dans la communauté à laquelle participe l'équipe Datrix. D'ailleurs, des auteurs appartenant à des entreprises ont écrit cinq des neuf livres cités en référence, comme l'indique le tableau suivant :

Tableau 8. Liste des manuels, traités et essais techniques cités, avec fréquence de leur mention et affiliation des auteurs

	Occurences	Livre cité	Organisation
1	3	Jones, C. (1994), Assessment and Control of Software Risks, Yourdon Press Computing Series.	SPR (Software Productivity Research). Artemis Management Systems
2	2	Booch, Grady (1994), Object-Oriented Design with Applications, The Benjamin/Cummings Publishing Company, 2e édition.	Rational Software Corporation (Chief Scientist)
3	2	Lorenz, Mark, Jeff Kidd (1994), Object-Oriented Software Metrics, Prentice-Hall.	(Lorenz) Hatteras Software Inc. ; IBM Cary Software Tech Center
4	2	Lakos, J. (1996), Large Scale C++ Software Design, Addison-Wesley.	Mentor Graphics Corporation
5	1	Halstead, M.H. (1977), Elements of software Science, Elsevier.	Purdue University
6	1	Fenton, N.E. (1991), Software Metrics, A Rigorous Approach, Chapman & Hall.	University College Dublin, Oxford University and South Bank University
7	1	Rumbaugh, James, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, William Lorensen (1991), Object-Oriented Modeling and Design, Prentice Hall.	GE Corporate R et D, General Electric Research and Development Center in Schenectady, New York
8	1	Schach, R.S. (1993), Software Engineering, Aksen Associates.	Department of Computer Science, Vanderbilt University, USA
9	1	Henderson-Sellers, B. (1996), Object-Oriented Metrics – Measures of Complexity, Prentice-Hall.	Centre for Object Technology Applications and Research (COTAR), University of Technology, Sydney, Australia
	14	Total	

Le tableau 8 confirme l'importance des entreprises dans la communauté de spécialistes se laquelle s'appuie l'équipe Datrix. Sur les 78 auteurs cités dont j'ai retrouvé l'affiliation, 33 appartiennent à des entreprises alors que 45 travaillent plutôt dans des universités et des organisations gouvernementales ou semi-publiques. Il faut toutefois relever que sur les 169 références à des auteurs appartenant à des entreprises, 118 renvoient à des employés de Bell Canada (voir le tableau 6). L'équipe du projet Datrix cite beaucoup ses travaux antérieurs. Il s'agit peut-être là d'un indice du caractère cumulatif de la R et D dans cette entreprise et dans les entreprises en général. L'outil Datrix n'a pas été développé du jour au lendemain et les travaux actuels s'appuient sur plus de dix ans d'efforts de R et D. Le schéma suivant illustre cette continuité. Il représente le réseau des citations des documents diffusés par l'équipe Datrix.

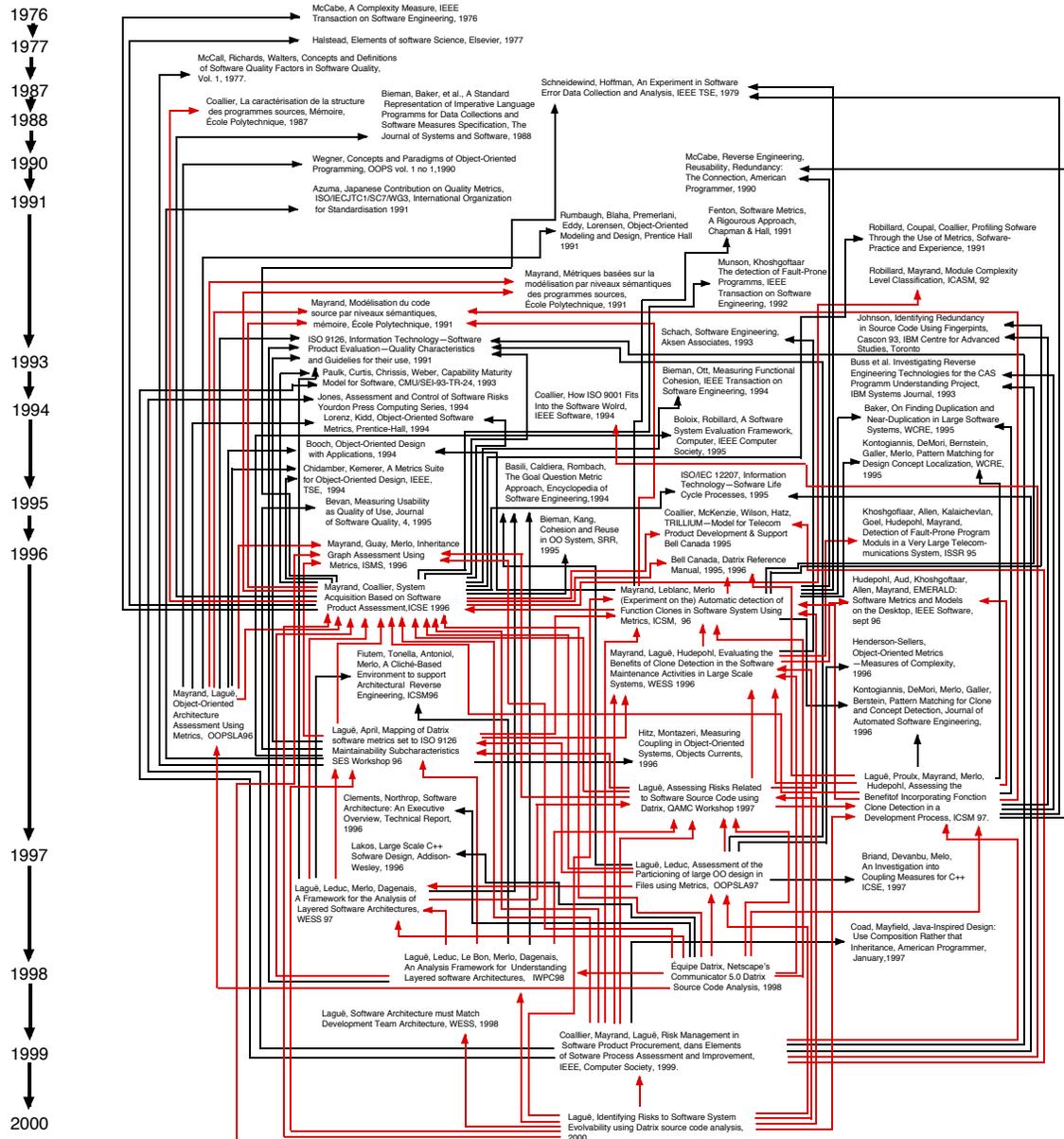


Figure 19. Réseau des références. En rouge, les références à des documents écrits par des employés de Bell Canada.

Si l'on revient au tableau 4 et qu'on ne retient que les médias cités par l'équipe Datrix et le nombre de fois que ces médias sont cités, on obtient le tableau suivant :

Tableau 9. Liste des médias auxquels renvoient les documents reliés au projet Datrix et fréquence de leur apparition

Occurences	Média
13	International Conference on Software Engineering
11	International Conference on Software Maintenance
10	Workshop on Empirical Software Studies
9	IEEE Transactions on Software Engineering
8	ISO
6	Quality Assurance Management Workshop
5	Bell Canada
5	Forum on Software Engineering Standards Issues
5	International Software Metrics Symposium
4	Prentice Hall
4	Working Conference on Reverse Engineering
3	American Programmer
3	Encyclopedia of Software Engineering
3	IEEE Software
3	Mémoire, École Polytechnique
3	OOPSLA
3	Technical Report CMU/SEI-93-TR-...
3	Yourdon Press Computing Series
2	Addison-Wesley
2	Rapport technique, École Polytechnique
2	IBM Centre for Advanced Studies, Toronto
2	IBM Systems Journal
2	International Workshop on Program Comprehension
2	Journal of Automated Software Engineering
2	The Benjamin/Cummings Publishing Company
1	Aksen Associates
1	Chapman & Hall
1	Computer, Magazine of the IEEE Computer Society
1	Elements of Software Process Assessment and Improvement, sous la direction de K. El Emam et N.H. Madhavji, IEEE, Computer Society Press.
1	Elsevier
1	Factors in Software Quality
1	International Conference on Application of Software Measurement
1	International Organization for Standardization
1	International Symposium on Software Reliability
1	International Workshop LSSC
1	Journal of Software Quality
1	Journal of Systems and Software
1	Objects Currents
1	OOPS Messenger
1	Software-Practice and Experience

Occurrences	Média
1	SFR
1	www.iro.umontreal.ca/labs/gelo/datrix/Mozilla-analysis/contents.html
132	total

Ce tableau nous permet de constater que presque une fois sur deux, soit 62 fois sur 132, les références renvoient aux actes d'un colloque ou d'un atelier. Voici la liste de ces colloques et ateliers selon la fréquence de leur apparition :

Tableau 10. Liste des colloques et ateliers auxquels renvoient les documents reliés au projet Datrix et fréquence de leur apparition

Occurrences	Rencontre
13	International Conference on Software Engineering
11	International Conference on Software Maintenance
10	Workshop on Empirical Software Studies
6	Quality Assurance Management Workshop
5	Forum on Software Engineering Standards Issues
5	International Software Metrics Symposium
4	Working Conference on Reverse Engineering
3	OOPSLA
2	International Workshop on Program Comprehension
1	International Conference on Application of Software Measurement
1	International Symposium on Software Reliability
1	International Workshop LSSC
62	Total

On peut constater que 26 fois sur 132, soit 20 % du temps, les références renvoient à un article publié dans un périodique, comme l'indique le tableau suivant :

Tableau 11. Liste des périodiques auxquels renvoient les documents liés au projet Datrix et fréquence de leur apparition

Occurences	Périodique
9	IEEE Transactions on Software Engineering
3	American Programmer
3	IEEE Software
2	IBM Systems Journal
2	Journal of Automated Software Engineering
1	Computer, Magazine of the IEEE Computer Society
1	Factors in Software Quality
1	Journal of Software Quality
1	Journal of Systems and Software
1	Objects Currents
1	OOPS Messenger
1	Software-Practice and Experience
26	total

13.12 Les rencontres de la communauté du génie logiciel

L'interconnexion de l'équipe Datrix avec la communauté de spécialistes en génie logiciel ne passe pas seulement par l'écrit. Le nombre important de documents diffusés dans des rencontres, colloques et ateliers nous donne une indication de l'importance de ces événements dans le fonctionnement de la communauté du génie logiciel. En participant à ces rencontres officielles, les membres d'une équipe de R et D se donnent la possibilité de s'insérer dans un réseau de relations complémentaires à celles établies par les publications. Les rencontres ouvrent la possibilité d'échanges d'information plus souples que ceux qui passent par les publications. On y apprend donc d'autres nouvelles. Les participants peuvent y trouver divers collaborateurs et entretenir les relations de collaborations déjà établies. L'étude des rencontres auxquelles participent l'équipe Datrix constitue un passage obligé pour se faire une idée de la communauté technique à laquelle elle participe et comprendre ses rapports avec elle.

Pour établir la liste des rencontres auxquelles Bruno Laguë a participé depuis qu'il dirige l'équipe Datrix, j'ai effectué une recherche dans Internet avec les moteurs de recherche courants. J'ai obtenu une liste de 16 rencontres de la communauté du génie logiciel auxquelles Bruno Laguë a participé directement ou indirectement entre 1996 et 2001. Plus exactement, j'ai trouvé 16 rencontres dont les documents officiels mentionnent le nom de Bruno Laguë à divers titres : présentateur, coauteur, animateur d'atelier ou membre d'un comité organisateur.

Tableau 12. Liste des rencontres auxquelles Bruno Laguë est associé

	Rencontre
1	6th Working Conference on Reverse Engineering (WCRE 1999)
2	7th Working Conference on Reverse Engineering (WCRE 2000)
3	Forum on Software Engineering Standards Issues (SES '96)
4	International Conference on Software Engineering (ICSE 2001)
5	International Conference on Software Maintenance (ICSM 1997)
6	International Conference on Software Maintenance (ICSM 1998)
7	International Conference on Software Maintenance (ICSM 2000)
8	International Workshop on Large-Scale Software Composition (IWLSSC). 9th Intl. Conf. on Database and Expert Systems Applications (DEXA1998)
9	Measuring Success: A Seminar on Empirical Studies in Software Engineering
10	Metrics 1998 - Fifth International Symposium on Software Metrics
11	Metrics 1999 - Sixth International Symposium on Software Metrics
12	Metrics 2001 7th International Software Metrics Symposium
13	The Tenth International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE'99)
14	Workshop on Empirical Studies In Software Maintenance (WESS 1998)
15	Workshop on Empirical Studies In Software Maintenance (WESS 1999)
16	Workshop on Object-Oriented Design Quality. OOPSLA'97.

Pour chacune de ces rencontres, j'ai constitué une liste des personnes qui lui sont associées à partir des documents officiels présentant ces rencontres. Ces 16 listes contiennent en moyenne une soixantaine de noms, pour un total de 1010⁶⁸⁴. Plusieurs personnes participent à plus d'une rencontre. Ce sont 625 personnes différentes qui sont associées à l'ensemble de ces 16 rencontres. Sur

⁶⁸⁴ J'ai reproduit en annexe la liste complète des personnes associées à ces 16 rencontres.

ces 625 personnes, 177 sont associées à plus d'une rencontre et 25 sont associées à 5 rencontres ou plus, comme on peut le voir dans le tableau suivant. La colonne du centre nous donne le nombre de personnes ayant participé au moins au nombre de rencontres indiqué dans la colonne de droite.

Tableau 13. Nombre de personnes associées à une ou à plusieurs rencontres

Personnes	Cumulatif	Rencontres
1	1	16
1	2	10
1	3	9
4	7	8
4	11	7
4	15	6
10	25	5
21	46	4
46	92	3
85	177	2
448	625	1

Le total de 625 personnes nous donne une idée de l'ampleur de la communauté à laquelle peut avoir accès l'équipe Datrix. Le fait que plusieurs personnes participent à plus d'une rencontre nous indique que nous avons bien affaire à une communauté, ou à une portion de communauté, dans laquelle peuvent se tisser de véritables relations à long terme.

On peut se faire une idée de la composition de la communauté de spécialistes à laquelle se rattachent Bruno Laguë et l'équipe Datrix en examinant la liste des 625 personnes associées aux rencontres et leur affiliation. En fait, j'ai retrouvé l'affiliation de 538 de ces 625 personnes. Ces 538 personnes appartiennent à près de 274 organisations différentes, dont 89 entreprises, 150 universités et 25 organisations gouvernementales, militaires ou semi-privées⁶⁸⁵. J'inclus dans ces 25 organisations les consortiums d'entreprises

⁶⁸⁵ J'ai été incapable d'établir la nature de 10 de ces organisations.

ou d'entreprises et d'universités, les parcs scientifiques, les centres de transferts technologiques financés en partie par des contrats de recherche privée, la NASA, et les centres financés par le ministère américain de la défense (DoD). En annexe, je présente la liste des 274 organisations impliquées dans les 16 rencontres. Je reproduis ici la liste des organisations ayant participé à au moins 5 des 16 rencontres auxquelles Bruno Laguë est associé.

Tableau 14. Liste des organisations les plus souvent liées aux rencontres auxquelles est associé Bruno Laguë

	Organisation	Membres	Rencontres
1	Bell Canada	4	16
2	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA	12	11
3	Universita di Bari, Italie	4	11
4	Nortel Networks	9	10
5	Fraunhofer Institute for Experimental Software Engineering (IESE) Kaiserslautern, Germany	13	9
6	Colorado State University, USA	4	9
7	IBM	11	8
8	University of Maryland	10	8
9	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica, Italie	7	8
10	Lucent Technologies, Bell Laboratories, USA	7	8
11	AT&T Labs - Research, USA	4	8
12	École Polytechnique de Montréal, Canada	4	8
13	Naval Postgraduate School, USA	1	8
14	Florida Atlantic University, USA	4	7
15	Universita di Sannio, Roma, Italie	4	7
16	Vrije Universiteit, Amsterdam, Netherlands	4	7
17	University of Waterloo, Canada	10	6
18	University of Durham, UK	7	6
19	Universita di Napoli, Italie	6	6
20	National Research Council, Software Engineering Group, Institute for Information Technology, Canada	4	6
21	De Montford University, UK	3	6
22	NASA	3	6
23	Politecnico di Milano, Milano, Italie	3	6
24	Georgia Institute of Technology, USA	6	5
25	University of Queensland, Australia	6	5
26	Imperial College, London, UK	4	5
27	University of Idaho, USA	4	5

28	University of Toronto, Canada	4	5
29	META Group, Inc. USA	3	5
	Organisation	Membres	Rencontres
30	Lund University, Sweden	2	5
31	Loyola College in Maryland, USA	1	5
32	Systems/Software, Inc., USA	1	5
33	Wayne State University, Detroit, MI, USA	1	5
34	Universität Stuttgart, Allemagne	7	4
35	University of Bern, Switzerland	7	4
36	University of Victoria, Canada	6	4
37	Technical University of Vienna, Austria	4	4
38	Drexel University, USA	3	4
39	University of Keele, UK	3	4
40	University of Ottawa, Canada	3	4
41	University of Southampton, Southampton, UK	3	4
42	Hewlett-Packard, USA	2	4
43	Naval Surface Warfare Center	2	4
44	Sun Microsystems Inc., USA	2	4
45	Université de Montréal	2	4

Le tableau 14 nous révèle l'ampleur de la participation des entreprises aux activités de la communauté du génie logiciel à laquelle participe Bruno Laguë. Nortel Networks, IBM, Lucent Technologies et AT&T, par exemple, sont impliquées dans plus de 8 rencontres sur 16. Le tableau 14 met également en lumière la contribution majeure de trois instituts de premier plan en génie logiciel, soit le Software Engineering Institute de l'Université Carnegie Mellon, l'Institut Fraunhofer d'Allemagne et l'Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica d'Italie. Le premier de ces instituts est financé par le Ministère américain de la Défense. Les deux autres ont des financements mixtes, publics et privés. Ils se financent en partie par les services qu'ils vendent aux entreprises⁶⁸⁶. Ces 3 instituts sont impliqués dans plus de la moitié des 16 rencontres et mobilisent au total 32 personnes pour ces rencontres. Comme l'ensemble du tableau 14, ces organisations nous révèlent le caractère international de cette communauté de spécialistes. Les 45 organisations les plus actives selon le tableau 14 proviennent de 10 pays. L'Allemagne et l'Italie, en

⁶⁸⁶ À propos du Software Engineering Institute, voir www.sei.emu.edu/about/about.html. À propos de l'Institut Fraunhofer, voir

particulier, y jouent un rôle de premier plan aux côtés des États-Unis, du Canada et de l'Angleterre.

Tableau 15. Liste des pays auxquels appartiennent les 45 organisations les plus fréquemment liées aux rencontres auxquelles est associé Bruno Laguë

	Pays
1	Allemagne
2	Australie
3	Autriche
4	Canada
5	États-Unis
6	Grande-Bretagne
7	Italie
8	Pays-Bas
9	Suède
10	Suisse

En bref, la communauté technicienne dans laquelle s'insère l'équipe Datrix est très variée à la fois sur le plan des organisations qui l'animent et des pays auxquels celles-ci appartiennent.

13.13 Les rencontres et les écrits de la communauté du génie logiciel

À examiner la liste des participants aux 16 rencontres recensées, on constate qu'une bonne partie des auteurs cités par l'équipe Datrix y apparaissent. Les références des documents produits par l'équipe Datrix mentionnent 81 auteurs. De ce nombre, neuf sont à l'emploi de Bell Canada. Si on les exclut, on obtient une liste de 72 auteurs. De ces 72 auteurs, 31 sont associés de près ou de loin aux conférences auxquelles Bruno Laguë est lui-même associé, soit 42%. Le tableau qui suit présente la liste des auteurs associés aux mêmes rencontres que Bruno Laguë.

Tableau 16. Liste des 31 auteurs cités par l'équipe Datrix associés aux mêmes rencontres que Bruno Laguë

	Auteur	Références	Rencontres
1	Antoniol, Giuliano	2	10
2	Briand, Lionel	1	9
3	Merlo, Ettore	25	8
4	Schneidewind, Norman F.	3	8
5	Khoshgoftaar, Taghi	5	6
6	Munson, John	2	5
7	Kontogiannis, K.	4	4
8	Basili, Victor	3	4
9	Rombach, Dieter	3	4
10	Fiutem, R.	2	4
11	Tonella, Paolo	2	4
12	Keller, Rudolf	0	4
13	Dagenais, Michel	5	3
14	Allen, Edward B.	3	3
15	Bieman, James M.	3	3
16	Devanbu, Prem	1	3
17	Kalaichevian, Kalai S.	1	3
18	Melo, Walcelio	1	3
19	Caldiera, Gianluigi	3	2
20	McCabe, Thomas, J.	3	2
21	Kemerer, Chris	2	2
22	Blaha, Michael	1	2
23	Goel, Nishith	1	2
24	Schauer, Reinhard	0	2
25	Hudepohl, John	13	1
26	Curtis, Bill	2	1
27	Azuma, Motoei	1	1
28	Clements, Paul C.	1	1
29	Henderson-Sellers, B.	1	1
30	Hitz, Martin	1	1
31	Ott, Linda M.	1	1

Dans les rencontres auxquelles il est associé, Bruno Laguë doit régulièrement rencontrer des auteurs comme Antoniol, Briand, Schneidewind et Khoshgoftaar, par exemple. En fait, par son lien avec ces rencontres, Bruno Laguë s'est donné la possibilité d'être en contact avec près de 42% des auteurs

cités par l'équipe Datrix et qui ne travaillent pas pour Bell Canada. Il se donne par le fait même la possibilité de s'insérer dans des relations d'échange complémentaires à celles qui passent par la publication.

Comme les auteurs cités, les partenaires de l'équipe Datrix appartiennent à la communauté de spécialistes en génie logiciel dans laquelle s'insère Bruno Laguë. Sur le site Internet de l'équipe Datrix, on trouve une liste des partenaires de l'équipe. On trouve d'abord le laboratoire GELO, animé à l'Université de Montréal par Rudolf Keller, et le laboratoire CASI, animé à l'École Polytechnique par Ettore Merlo et Michel Dagenais. Ces deux laboratoires bénéficient d'un financement des Laboratoires universitaires Bell pour soutenir leur collaboration avec l'équipe du projet Datrix chez Bell Canada⁶⁸⁷. L'équipe Datrix évoque d'autres partenaires sur son site. Il s'agit du Software Architecture Group (SWAG) animé par Michael Godfrey et Richard Holt de l'Université de Waterloo ; du Software Engineering Research Group (SERG) dirigé par Vaclav Rajlich de la Wayne State University ; du groupe de recherche RIGI dirigé par Hausi Müller de l'Université de Victoria et de Bernt Kullbach de l'Université Koblenz-Landau. Tous ces partenaires sont liés aux rencontres auxquelles Bruno Laguë est associé. Le tableau suivant nous indique le nombre de rencontres auxquelles sont liés à la fois Bruno Laguë et les partenaires de l'équipe Datrix.

⁶⁸⁷ Les Laboratoires universitaires Bell sont issus d'une entente qui lie depuis la fin de 1998 des centres de recherche et l'entreprise Bell Canada. Les Laboratoires sélectionnent, financent et supervisent des projets de recherche universitaire dans des domaines d'intérêt pour Bell. Voir la page Web suivante : www.CRM.UMontreal.CA/rcm2/lub/.

Tableau 17. Participation des partenaires de l'équipe Datrix aux rencontres auxquelles est associé Bruno Laguë

Rencontres	Partenaire	Affiliation
8	Merlo, Ettore	École Polytechnique de Montréal
5	Müller, Hausi A.	University of Victoria, Canada
5	Rajlich, Václav	Wayne State University, Detroit, MI, USA
4	Kontogiannis, Kostas	University of Waterloo, Canada
4	Keller, Rudolf K.	Université de Montréal
3	Holt, Richard C.	University of Waterloo, Canada
3	Dagenais, Michael	École Polytechnique de Montréal
1	Kullbach, Bernt	Université Koblenz-Landau (Allemagne)

13.14 Analyses des données

Ce que les tableaux 16 et 17 tendent à confirmer, c'est qu'un outil complexe et à la fine pointe du développement technique comme Datrix est le produit d'une communauté de spécialistes autant que celui d'une entreprise. Nous avons vu plus tôt le rôle déterminant de l'École Polytechnique de Montréal dans sa conception et son développement initial, sur le plan de la formation aussi bien que sur celui de la recherche. Nous voyons maintenant que la poursuite de son développement s'inscrit dans la progression collective qu'accomplit la communauté du génie logiciel dans son ensemble.

Mon étude du projet Datrix met en lumière le type de rapport entre une entreprise et une communauté de spécialistes susceptible de mener au développement d'un outil très avancé sur le plan technique, et qui soit en même temps économique à utiliser. En finançant des projets de recherche du CASI et du GELO, les Laboratoires universitaires Bell viennent renforcer des relations déjà riches entre Bell Canada et la communauté du génie logiciel. Le LUB ne remplace pas ces relations, il en ajoute d'autres. À la lumière du projet Datrix, on pourrait très bien imaginer que la mission du LUB soit de favoriser le développement de relations entre Bell Canada et des communautés de

spécialistes lorsqu'elles sont inexistantes ou embryonnaires, ou de les renforcer et de les enrichir lorsqu'elles existent.

13.15 Conclusion

L'innovation technicommerciale nécessite la construction et l'utilisation de différentes formes de connaissances. Le marché, l'entreprise et la communauté technicienne construisent et mobilisent ces connaissances, chacun se spécialisant dans certains types de connaissance. L'innovation technicommerciale résulte de l'interaction de ces trois institutions. Mon étude du projet Datrix porte sur un cas d'interconnexion entre une entreprise et une communauté de spécialistes. Ce cas nous révèle des interactions très denses. En est-il toujours ainsi ? Les entreprises sont-elles toujours aussi actives dans toutes les communautés techniques ? Ces communautés jouent-elles toujours un rôle aussi grand dans l'innovation technicommerciale ? Si l'on se fie à l'analyse de la tâche d'innovation technicommerciale que j'ai effectuée dans ce chapitre, la participation active de la communauté technicienne est d'autant plus nécessaire et utile qu'une innovation nécessite la création de beaucoup de connaissances techniques génériques. Au contraire, si une innovation nécessite surtout la création de connaissances techniques particulières, l'entreprise et le marché devront jouer un rôle de premier plan et la communauté technicienne pourra avoir un rôle plus effacé. Cette analyse suggère une recherche intéressante. Il faudrait essayer de mettre en relation le type de savoir sur lequel s'appuient différentes innovations technicommerciales et le rôle respectif qu'ont joué dans ces innovations les marchés, les entreprises et les communautés techniques. On pourrait également tenter d'établir si certains types d'innovation amènent les entreprises à jouer un rôle plus actif dans les communautés techniques.

Conclusion

Le contexte intellectuel contemporain

Notre époque accorde beaucoup d'importance à la connaissance, à sa création et à son utilisation. Nous parlons beaucoup d'économie du savoir, d'entreprises créatrices de connaissances, d'apprentissage organisationnel, de gestion des connaissances, de secteurs à haute intensité en savoirs et en recherche et développement, de nouvelles technologies, de liens entre entreprises et universités. Nous associons la connaissance à l'innovation technique, à l'intelligence et aux compétences des entreprises, à la réussite économique. Nous faisons de la création et de la mobilisation de connaissances un enjeu important de la vie économique, un moteur du progrès dans la société du savoir et de l'information. Nous voyons dans nos savoirs et dans l'innovation les sources de notre richesse collective. La connaissance est, pour nous, la ressource suprême, au fondement de toute réussite technique ou économique. Elle est inépuisable et indéfiniment perfectible, nous la plaçons donc à la source d'un progrès potentiellement sans fin et sans limite.

Les problèmes conceptuels

Dans ce contexte intellectuel, il me semble pertinent de poser certaines questions de fond sur la connaissance et la réussite. Qu'est-ce que la connaissance ? Qu'est-ce que la réussite ? Comment expliquer les réussites techniques et économiques ? Comment la connaissance rend-elle possible ces réussites ? Comment la connaissance est-elle créée et utilisée dans ces réussites ? Ces questions soulèvent des problèmes conceptuels non résolus dans nos idées sur la connaissance et la réussite. Les sciences de la cognition ont

théorisé les rapports entre la connaissance et l'action plus que tout autre courant de pensées contemporain. Elles peuvent nous aider à répondre à ces questions de fond.

De la pensée courante aux sciences de la cognition

Pour la pensée courante, réussir c'est atteindre un but, c'est réaliser une fin. Pour atteindre une fin, il faut mobiliser des moyens appropriés. La connaissance est ce qui permet de constituer et de mobiliser des moyens appropriés pour atteindre une fin. Les sciences de la cognition ont approfondi ces idées. L'intelligence artificielle, en particulier, a développé un cadre conceptuel et des outils de formalisation et d'expérimentation pour étudier les rapports entre la connaissance et la réussite. Ce cadre conceptuel et méthodologique est fondé sur le développement, en informatique, de l'idée de machine abstraite, c'est-à-dire de la représentation abstraite de la machine. Des moyens au service d'une fin constituent une machine. La machine abstraite est une machine créatrice et utilisatrice de connaissances. Les moyens qu'elle utilise sont des méthodes de création et d'utilisation de connaissances. Toute machine repose sur l'utilisation ou la création de connaissances parce qu'il n'y a pas de réussite sans connaissances. La représentation abstraite de la machine ne retient que cet aspect. Dans les sciences de la cognition, on explique la capacité d'un agent à atteindre une fin en modélisant ses compétences sous la forme d'une machine abstraite, sous la forme d'une machine de création et d'utilisation de connaissances. On comprend une machine lorsqu'on peut se représenter la tâche qu'elle accomplit, lorsque l'on comprend les méthodes ou algorithmes qu'elle utilise, et lorsqu'on établit quels processus mettent en action ces méthodes. Les sciences de la cognition ont développé des outils pour représenter, caractériser et comparer les tâches, les méthodes et les processus. Elles forment la base d'une science générale de la compétence.

Les compétences collectives

À étudier les réussites techniques et économiques, on se rend rapidement compte que toutes les grandes tâches sont accomplies par des systèmes d'individus en interaction. C'est le cas, par exemple, de la production et de la distribution alimentaire, de l'approvisionnement en énergie, des transports, des communications, des soins médicaux, de l'éducation, des services immobiliers, des services financiers, parmi bien d'autres. La réussite humaine est une affaire essentiellement collective, ce qu'on peut démontrer en mettant au jour les méthodes et processus de création et d'utilisation de connaissances qui la rendent possible. J'appelle « approche sociocognitiviste » la démarche qui consiste à étudier les réussites collectives en s'inspirant du cadre conceptuel et méthodologique des sciences de la cognition. L'approche sociocognitiviste étudie les ensembles d'individus en interaction sous la forme de machines complexes. Une machine complexe est une machine composée de très nombreux composants en interaction.

L'intelligence et les compétences humaines sont largement et essentiellement collectives. On ne le voit pas toujours clairement parce qu'on croit que la compétence, la connaissance, l'intelligence sont l'affaire des seuls individus humains. Selon cette façon de voir, il serait abusif de parler de compétence et d'intelligence collectives. L'intelligence artificielle a, elle aussi, fait face à ce problème, certains critiques prétendant qu'une « machine » ne peut être intelligente et avoir des buts. La biologie a vécu un débat similaire, certains voulant exclure toute référence à la finalité dans l'explication des phénomènes biologiques. Dans l'un et l'autre cas, peu de gens ont renoncé au cadre de pensée finaliste ou fonctionnel. Le philosophe de l'esprit Daniel Dennett nous explique pourquoi. Les concepts de connaissance, de fin, de compétence, de fonction représentent des propriétés bien réelles qui ne sont pas exclusives à l'esprit de l'individu humain. Ces propriétés caractérisent une classe d'objets beaucoup plus vaste à laquelle appartiennent tous les organismes, toutes les

machines artificielles et toutes les organisations. Renoncer à ces concepts, c'est se rendre incapable d'expliquer les phénomènes qui reposent sur ces propriétés. Ne pas faire de place au concept de compétence collective, c'est négliger un aspect fondamental des compétences humaines.

Les machines sociales décentralisées

On progresse dans la compréhension des compétences collectives en éclaircissant la nature de la tâche de création et d'utilisation de connaissances, et en établissant quelles méthodes et quels processus peuvent accomplir cette tâche. En fait, les réussites techniques et économiques nécessitent la création et l'utilisation de plusieurs types de connaissances. Elles nécessitent de ce fait la mise en œuvre de différentes méthodes, réalisée par différents types de processus d'interaction. Les connaissances génériques, par exemple, se construisent et s'utilisent différemment des connaissances particulières.

Le marché, la communauté scientifique, la communauté de spécialistes et l'organisation sont des institutions qu'il est possible d'étudier sous la forme de machines sociales de création et d'utilisation de connaissances. L'expérimentation sociotechnique, de même que la division et la coordination décentralisée du travail sont les principales méthodes que ces machines mettent en action. La division du travail permet en fait l'utilisation d'algorithmes spécialisés et de connaissances approfondies dans la réalisation des tâches techniques et économiques. La coordination décentralisée, fondée sur l'autonomie des participants, permet la création et la mobilisation continues de beaucoup de connaissances particulières. Elle favorise l'exploration et l'évaluation continues de nouvelles façons de faire. Elle favorise l'expérimentation sociotechnique et l'innovation technicommerciale. Les processus d'interaction qui mettent en action cette coordination décentralisée sont des processus d'ajustements mutuels coopératifs et compétitifs. Dans ces processus, la compétition est mise au service de la coopération, elle est une

méthode de coopération dans la recherche de solutions aux problèmes techniques et économiques des individus en interaction. Les travaux sur les ordres spontanés et l'auto-organisation nous aident à théoriser les processus d'ajustements mutuels et les méthodes qu'ils mettent en œuvre.

Les problèmes de la coopération

Les interactions coopératives et compétitives prennent la forme de relations d'échange. L'échange de valeurs est le corollaire de l'autonomie et de la coordination décentralisée. Le travail de coordination prend, dans ce type de machine, la forme de la recherche de relations d'échange mutuellement avantageuses. La découverte d'une relation d'échange plus avantageuse que celles connues des échangeurs jusqu'alors signifie en général la réalisation d'une meilleure coordination d'ensemble. Pour que ce soit le cas, il faut que les relations d'échange soient encadrées par des solutions aux problèmes de la coopération entre agents autonomes. Les échanges de valeurs négatives, c'est-à-dire les actes de coercition, doivent être limités car ils empêchent l'établissement de solutions coopératives, ils bloquent la recherche de solutions mutuellement avantageuses. Les échanges de valeurs positives forment la base des relations de coopération. Pour que ces relations d'échange puissent s'étendre à grande échelle, il faut des systèmes de valeurs virtuelles protégés contre le vol et la fraude. Les valeurs virtuelles permettent l'extension des réseaux d'échanges dans le temps, dans l'espace et parmi de nombreux agents. Elles sont protégées par différents types de mécanisme, dont les règles juridiques ou quasi juridiques, les règles morales, les systèmes de réputation et d'interdépendance indéfinie, par exemple. En permettant l'extension des réseaux d'échanges, les valeurs virtuelles et les mécanismes de leur protection permettent la coordination décentralisée des activités de grands ensembles d'individus en interaction. Ils permettent la division du travail et l'expérimentation sociotechnique à grande échelle.

Les machines sociales de l'innovation technicommerciale

Les réussites techniques et économiques reposent toujours sur des découvertes, sur la création de connaissances. On peut appeler innovation technicommerciale ce processus de découverte. L'innovation technicommerciale nécessite la création et l'utilisation de plusieurs formes de connaissance. Le marché, l'organisation et la communauté de spécialistes sont d'importantes machines sociales de création et d'utilisation de connaissances à la base de l'innovation technicommerciale. Chacune de ces machines sociales crée et mobilise différentes formes de connaissances. La communauté de spécialistes est le lieu des connaissances techniques génériques. L'organisation et le marché sont les lieux de connaissances particulières. L'organisation développe et mobilise des connaissances génériques et particulières à l'interface des communautés de spécialistes et des marchés. J'ai effectué une étude sur l'interconnexion entre une entreprise et une communauté de spécialistes dans le développement d'un outil à la fine pointe de la technique. Dans ce cas, l'interconnexion est évidente et très intense. Le développement de l'outil Datrix repose sur le travail collectif de la communauté du génie logiciel autant que sur la contribution de Bell Canada. Cette dernière a développé une interface avec la communauté du génie logiciel. Grâce à cette interface, elle a pu exploiter le travail de cette communauté. Cette interface est largement non formelle.

Un programme de recherche

Il reste encore beaucoup à faire pour comprendre les machines sociales de l'innovation technicommerciale et les compétences collectives en général. Il faut comprendre mieux les tâches accomplies par ces machines. Il faut comprendre mieux les méthodes qu'elles mettent en œuvre. Il faut comprendre mieux les processus d'interaction et d'échange qui réalisent ces méthodes. Il faut également comprendre mieux les interactions et échanges entre ces machines. Dans la présente thèse, j'ai esquissé les grandes lignes d'une science

générale de la compétence et d'une approche sociocognitiviste pour faire progresser notre compréhension des compétences collectives et de la réussite technique et économique. Ces idées constituent la base d'un programme de recherche plutôt qu'une solution achevée. Il faudra tenter d'utiliser le cadre méthodologique des sciences de la cognition pour étudier des compétences collectives. Il faudra faire plus systématiquement que je ne l'ai fait l'analyse fonctionnelle, structurale et procédurale de ces compétences, et faire appel à l'expérimentation informatique pour enrichir notre intuition et mettre à l'épreuve les théories. Il faudra établir une façon d'évaluer et de comparer le rendement théorique des différentes machines sociales de la réussite technique et économique. Pour ce faire, il faudra probablement préciser la nature des tâches à accomplir, puis établir la puissance computationnelle et la profondeur de connaissances que ces machines peuvent mettre en action pour accomplir ces tâches. Ces machines sont largement décentralisées et se fondent sur des processus d'échanges et d'ajustements mutuels. Les travaux théoriques et l'expérimentation informatique sur les ordres spontanés devraient contribuer à éclairer la nature et la variété des processus d'ajustements mutuels possibles, et les tâches qu'ils peuvent accomplir.

Bibliographie

- Alchian, A. (1950), « Uncertainty, evolution and economic theory », *Journal of Political Economy*, 58: 211-222. Une version révisée de ce texte est disponible dans Alchian (1977), *Economic Forces at Work*, Liberty Press.
- Alchian, Armen A. et William R. Allen (1964/1969), *Exchange and Production*, Wadsworth.
- Aldrich, Howard E. (1979), *Organizations and Environments*, Englewoods Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Anderson, P.W., K.J. Arrow et D. Pines (dir.) (1988), *The Economy as an Evolving Complex System*, Addison-Wesley.
- Argyris, Chris et Donald Schön (1974), *Theory in Practice*, Jossey-Bass Publishers.
- Argyris, Chris et Donald Schön (1978), *Organizational Learning, A Theory of Action Perspective*, Addison-Wesley.
- Aron, Raymond (1948/1981), *Introduction à la philosophie de l'histoire*, édition augmentée, 1981, Gallimard.
- Aron, Raymond (1967), *Les étapes de la pensée sociologique*, Gallimard.
- Atlan, Henri (1972), *L'organisation biologique et la théorie de l'information*, Hermann, Paris.
- Atlan, Henri (1979), *Entre le cristal et la fumée. Essai sur l'organisation du vivant*. Éditions du Seuil, Paris.
- Atlan, Henri (1986), *A tort et à raison. Intercritique de la science et du mythe*. Éditions du Seuil, Paris.
- Atiyah, Patrick S. (1989) *An Introduction to the Law of Contract*, Oxford University Press, 4^e édition.
- Axelrod, R. (1997), *The Complexity of Cooperation, Agents-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton University Press.
- Ayala, Francisco J. (1970), « Teleological Explanations in Evolutionary Biology », *Philosophy of Science*, 37, p. 1-15. Reproduit dans Collin, Bekoff et Lauder, dir., (1998).
- Baechler, Jean (1971), *Les origines du capitalisme*, Gallimard.
- Baechler, Jean (1994a), *Le capitalisme*, tome 1. *Les origines*, Gallimard.
- Baechler, Jean (1994b), *Le capitalisme*, tome 2. *L'économie capitaliste*, Gallimard.
- Bainbridge, William Sims, Edward E. Brent, Kathleen M. Carley, David R. Heise, Michael W. Macy, Barry Markovsky et John Skvoretz (1994), « Artificial Social Intelligence », *Annual Review of Sociology*, vol. 20, p. 407-436.
- Barnes, Barry (1965), *About Science*, Basil Blackwell.

- Barnes, Barry, David Bloor et James Henry (1996), *Scientific Knowledge, A Sociological Analysis*, The University of Chicago Press.
- Barney, Jay (1991), « Firm Resources and Sustained Competitive Advantage », *Journal of Management*, vol. 17, no 1, p. 99-120.
- Beale, Hugh et Tony Dugdale (1975), « Contracts Between Businessmen: Planning and the Use of Contractual Remedies », *British Journal of Law and Society*, vol. II, p. 45-60.
- Binmore, Ken (1994), *Game Theory and the Social Contract*, tome 1, *Playing Fair*, The MIT Press.
- Blau, Peter (1964), *Exchange and Power in Social Life*, John Wiley and Sons.
- Bochenski, J.M. (1965), *The Methods of Contemporary Thought*, D. Reidel, Dordrecht, Hollande. Traduction de *Die Zeitgenössischen Denkmethode*, Verlag. Réédition de 1968 par Harper & Row.
- Boden, Margaret (1977), *Artificial Intelligence and Natural Man*, The Harvester Press, Hassocks, Sussex, Angleterre.
- Boden, Margaret (1981), « The Case for a Cognitive Biology », dans Margaret Boden, *Minds and Mechanisms*, Cornell University Press.
- Boden, Margaret (1982), « Chalk and Cheese in Cognitive Science: The Case for Intercontinental Interdisciplinarity », dans le Cahier no 2, *Genetic Epistemology and Cognitive Science*, Fondation Archive Jean Piaget, Genève.
- Boden, Margaret A. dir. (1996), *The Philosophy of Artificial Life*, Oxford University Press.
- Boudon, Raymond (1977), *Effets pervers et ordre social.*, Quadrige/Presses Universitaires de France, 1993.
- Boudon, Raymond (1979), *La logique du social.*, Pluriel, Hachette.
- Boudon, Raymond (1984), *La place du désordre*, Quadrige/Presses Universitaires de France, 1991.
- Boudon, Raymond (1986), *L'idéologie ou l'origine des idées reçues*, Fayard.
- Boudon, Raymond (1990), *L'art de se persuader*, Fayard.
- Brennan, Geoffrey et James M. Buchanan (1985), *The Reason of Rules, Constitutional Political Economy*, Cambridge University Press.
- Brooks, Harvey (1994), « The Relationship between Science and Technology », *Research Policy*, 23, p. 477-486.
- Buchanan, James M. (1975), *The Limits of Liberty*, University of Chicago Press.
- Burns, Tom et G.M. Stalker (1961), *The Management of Innovation*, Tavistock Publications.
- Burt, Ronald (1992), *Structural Holes. The Social Structure of Competition*, Harvard University Press.
- Campbell, Donald T. (1959), « Methodological Suggestions from a Comparative Psychology of Knowledge Processes », *Inquiry*, vol. 2, p. 152-182.

- Campbell, Donald T. (1965), « Variation and selective retention in socio-cultural evolution », in H.R. Barringer, G.I. Blanksten, et R.W. Mack, (dir.), *Social change in developing areas: A reinterpretation of evolutionary theory* (pp.19-48), Cambridge, MA, Schenkman.
- Campbell, Donald T. (1972), « On the genetics of altruism and the counter-hedonic components in human culture », *Journal of Social Issues*, volume 28, numéro 3.
- Campbell, Donald T. (1974), « Evolutionary Epistemology », dans P.A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Karl Popper*, vol.1, Open Court, La Salle, p. 413-463. Les citations sont tirées de la reproduction de cet article dans Radnitzky et Bartley, dir., (1987).
- Campbell, Donald T. (1974b), « Unjustified Variation and Selective Retention in Scientific Discovery », dans *Studies in the Philosophy of Biology*, publié par Francisco Jose Ayala et Theodosius Dobzhansky, MacMillan, 1974.
- Campbell, Donald T. (1975), « On the conflict between biological and social evolution and between psychology and moral tradition », *American Psychologist*, 30, p. 1103-26.
- Campbell, Donald T. (1977), « Descriptive Epistemology : Psychological, Sociological, and Evolutionary », dans *Methodology and Epistemology for Social Science, Selected Papers, Donald T. Campbell*, publié par E. Samuel Overman, The University of Chicago Press.
- Campbell, Donald T. (1988), « A General 'Selection Theory', as Implemented in Biological Evolution and in Social Belief-Transmission-with-Modification in Science », *Biology and Philosophy*, 3 : p. 157-164.
- Campbell, Donald T. (1990), « Levels of Organization, Downward Causation, and the Selection-Theory Approach to Evolutionary Epistemology », dans *Theories of the Evolution of Knowing, The T.C. Schneirla Conferences Series*, Volume 4, publié par Gary Greenberg et Ethel Tobach, Lawrence Erlbaum Associates.
- Carley, Kathleen M. et Michael J. Prietula (dir.) (1994), *Computational Organization Theory*, Lawrence Erlbaum Associates.
- Castelfranchi, Cristiano et Eric Werner (dir.) (1994), *Artificial Social Systems. 4th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, MAAMAW '92*, S. Martino al Cimino, Italy, July 29-31, 1992. Selected Papers. Berlin; New York: Springer-Verlag.
- Cellérier, Guy (1973), « L'explication en biologie », in *L'explication dans les sciences*, Colloque de l'Académie International de Philosophie des Sciences, 1970, Flammarion, 1973.
- Cellérier, Guy (1973a), *Piaget*, PUF.

- Cellérier, Guy (1976), « La genèse historique de la cybernétique ou la téléonomie est-elle une catégorie de l'entendement ? », *Revue européenne des sciences sociales*, Tome XIV, numéros 38-39.
- Cellérier, Guy (1979), « Structures cognitives et schèmes d'action I et II », *Archives de psychologie*, 47 (180/181), 87-122.
- Cellérier, Guy (1980), « L'approche constructiviste », dans *L'explication en psychologie*, publié sous la direction de Marc Richelle et Xavier Seron, PUF.
- Cellérier, Guy (1982), « Constructions and Constructs », *Cahier* numéro 2, Fondation Archives Jean Piaget, Genève.
- Cellérier, Guy (1984), « Of Genes and Schemes », *Human Development*, 27, p.342-352.
- Cellérier, Guy (1987), « Structure and Functions », dans Bärbel Inhelder, Denys de Caprona et Angela Cornu-Wells, dir., *Piaget Today*, Lawrence Erlbaum Associates.
- Cellérier, Guy (1992a), « Le constructivisme génétique aujourd'hui », dans Inhelder, Bärbel, Guy Cellérier et coll. (1992), *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, Delachaux et Niestlé.
- Cellérier, Guy (1992b), « Organisation et fonctionnement des schèmes », dans Inhelder, Bärbel, Guy Cellérier et coll. (1992), *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, Delachaux et Niestlé.
- Chomsky, Noam (1965/1971), *Aspects de la théorie syntaxique*, Éditions du Seuil.
- Clark, Andy (1990), « Connectionism, Competence, and Explanation », dans Margaret Boden, dir. *The Philosophy of Artificial Intelligence*, Oxford University Press, p. 281-308.
- Coalier, François, Jean Mayrand et Bruno Laguë (1999), « Risk Management In Software Product Procurement », dans Khaled El Emam et Nazim H. Madhavji, dir. (1999), *Elements of Software Process Assessment and Improvement*, IEEE Computer Society.
- Coase, Ronald H. (1937), « The Nature of the Firm », 4, *Economica n.s.* p. 386-405.
- Coleman, James (1990), *Foundations of Social Theory*, Belknap Press of Harvard University Press.
- Collin Allen, Marc Bekoff et George Lauder dir. (1978), *Nature's Purposes, Analyses of Function and Design in Biology*, MIT Press.
- Constant, Edward W. (1984), « Communities and Hierarchies: Structure in the Practice of Science and Technology », dans R. Laudan, dir. *The Nature of Technological Knowledge*, Reidel.
- Constant, Edward W. (1987), « The Social Locus of Technological Practice: Community, System, or Organizations? », dans W. Bijker, T. Hughes et T. Pinch dir. *The Social Constructions of Technological Systems*, MIT Press.
- Cordonnier, Laurent (1997), *Coopération et réciprocité*, Presses universitaires de France.

- Cronin, Helena (1991), *The Ant and the Peacock*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Crozier, Michel et Erhard Friedberg (1977), *L'acteur et le système*, Éditions du Seuil.
- Cyert, R. M. et James G. March (1963), *A Behavioral Theory of the Firm*, Prentice-Hall.
- Dawkins, Richard (1982), *The Extended Phenotype*, Oxford University Press.
- Dawkins, Richard (1986/1989), *L'horloger aveugle*, Robert Laffont, Paris ; traduit de *The Blind Watchmaker*, Longman, Harlow, Essex, 1986.
- Dawkins, Richard (1996), *Climbing Mount Improbable*, W.W. Norton & Company.
- Demazeau, Y. et J.P. Müller (dir.) (1990), *Decentralized AI, Proceedings of the first European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, Cambridge, England, August 16-18, 1989. Amsterdam: Elsevier.
- Dennett, Daniel C. (1978), *Brainstorms*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Dennett, Daniel C. (1987), *The Intentional Stance*, 4e impression MIT Press, 1993.
- Dennett, Daniel C. (1995), *Darwin's Dangerous Idea.*, Simon and Schuster.
- Dennett, Daniel C. (1996), *Kinds of Minds*, BasicBooks.
- Dosi, Giovanni (1988), « The Nature of the Innovative Process », dans Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg et Soete dir. (1988).
- Dosi, Giovanni, Christopher Freeman, Richard Nelson, Gerald Silverberg et Luc Soete dir. (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Pinters Publishers.
- Dupuis, Alain (1996), *L'intelligence organisationnelle comme manifestation de la stratégie générale d'acquisition et d'utilisation de connaissances*, Mémoire de maîtrise, École des Hautes Études Commerciales, Montréal.
- Dupuy, Jean-Pierre (1992a), *Introduction aux sciences sociales. Logique des phénomènes collectifs*, Ellipses, Paris.
- Dupuy, Jean-Pierre (1992b), *Le sacrifice et l'envie*, Calman-Lévy, Paris.
- Dupuy, Jean-Pierre (1994), *Aux origines des sciences cognitives*, Éditions La découverte, Paris.
- Durkheim, Émile (1893), *De la division du travail social*, PUF, 1967.
- Durkheim, Émile (1895), *Les règles de la méthodes sociologique*, PUF, 1968.
- Durkheim, Émile (1912), *Les formes élémentaires de la vie religieuse*, PUF, 1960.
- Durkheim, Émile (1924), *Sociologie et philosophie*, PUF, 1967.
- Durkheim, Émile (1925), *L'éducation morale*, PUF, 1963.
- Edgerton, Robert B. (1985), *Rules, Exceptions, and Social Order*, University of California Press.
- Ekeh, P. (1974), *Social Exchange Theory: the Two Traditions*, Harvard University Press.
- Elster, Jon (1989), *The Cement of Society, A Study of Social Order*, Cambridge University Press.

- Epstein, J.M. et R. Axtell (1996), *Growing Artificial Societies*, Brookings Institution Press et MIT Press.
- Faulkner, Wendy et Jacqueline Senker (1995), *Knowledge Frontiers, Public Sector Research and Industrial Innovation in Biotechnology, Engineering Ceramics, and Parallel Computing*, Oxford University Press.
- Fehling, Michael R. (1993), « Unified Theories of Cognition: Modeling Cognitive Competence », *Artificial Intelligence*, 59, p. 295-328. Reproduit dans W. J. Clancey, S.W. Smoliar et M. J. Stefik dir. (1994), *Contemplating Minds*, The MIT Press.
- Forrest, Stephanie, dir. (1991), *Emergent Computation, Self-organizing, Collective, and Cooperative Phenomena in Natural and Artificial Computing Networks*, The MIT Press.
- Fried, Charles (1981), *Contract as Promise, A Theory of Contractual Obligation*, Harvard University Press.
- Friedberg, Erhard (1993/1997), *Le pouvoir et la règle*, deuxième édition revue et complétée, Éditions du Seuil, Paris.
- Fukuyama, Francis (1995), *Trust, The Social Virtues and the Creation of Prosperity*, The Free Press.
- Gadamer, Hans-Georg (1965/76), *Vérité et méthode, Les grandes lignes d'une herméneutique philosophique*, Éditions du Seuil, 1976, traduction partielle de l'édition de 1965 de *Wahreit und Methode*.
- Galbraith, Jay (1973), *Designing Complex Organizations*, Addison-Westley.
- Gambardella, A. (1992), « Competitive Advantage From In-House Scientific Research: The US Pharmaceutical Industry in the 1980s' » *Research Policy*, vol. 21, p. 391-407.
- Gauthier, David (1986), *Morals by Agreement*, Oxford University Press.
- Gell-Mann, Murray (1994), *The Quark and the Jaguar, Adventures in the Simple and the Complex*, W.H. Freeman and Company, New York.
- Giddens, Anthony (1976), *New Rules of Sociological Method*, Hutchinson, Londres.
- Giddens, Anthony (1984), *La constitution de la société*, Presses Universitaires de France.
- Gilbert, Nigel (1995), « Emergence in social simulation », dans Gilbert et Conte dir. (1995), p. 144-156.
- Gilbert, Nigel et Rosaria Conte (dir.) (1995), *Artificial Societies, The Simulation of Social Life*, University College Press, Londres.
- Gilbert, Nigel et Jim Doran (dir.) (1994), *Simulating Societies, The Computer Simulation of Social Phenomena*, University College Press, Londres.
- Goffman, Erving (1959), *The Presentation of Self in Everyday Life*, Doubleday Anchor Books.
- Granger, Gilles-Gaston, *Pensée formelle et sciences de l'homme*, Aubier, Éditions Montaigne 1960.

- Granovetter, Mark (1985), « Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness », *American Journal of Sociology*, Volume 91, numéro 3, novembre., p. 481-510.
- Grize, Jean-Blaise et Benjamin Matalon (1962), « Introduction à une étude expérimentale et formelle du raisonnement naturelle », dans Beth, E. W., J.-B. Grize, R. Matin, B. Matalon, A. Naess et J. Piaget, *Implication, formalisation et logique naturelle*, seizième volume des *Études d'épistémologie génétique*, p. 9-67, PUF, Paris.
- Hagstrom, Warren O. (1965), *The Scientific Community*, Basic Books.
- Hannan, Michael T. et John Freeman (1989), *Organizational Ecology*, Harvard University Press.
- Haugeland, John (1977/1981), « The Nature and Plausibility of Cognitivism », dans Haugeland, dir. (1981).
- Haugeland, John, dir. (1981) *Mind Design*, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Haugeland, John (1985), *Artificial intelligence, The Very Idea*, A Bradford Book, The MIT Press.
- Haugeland, John, dir. (1997), *Mind Design II*, A Bradford Book, The MIT Press.
- Hayek, Friedrich A. (1948), *Individualism and Economic Order*, The University of Chicago Press.
- Hayek, Friedrich A. (1952/1953), *Scientisme et sciences sociales*, Plon, 1953.
- Hayek, Friedrich A. (1960), *The Constitution of Liberty*, The University of Chicago Press.
- Hayek, Friedrich A. (1973), *Law Legislation and Liberty*, Tome 1, *Rules and Order*, The University of Chicago Press.
- Hayek, Friedrich A. (1976), *Law Legislation and Liberty*, Tome 2, *The Mirage of Social Justice*, The University of Chicago Press.
- Hayek, Friedrich A. (1978), *New Studies in Philosophy, Politics, Economics and the History of Ideas*, Routledge & Kegan Paul, Londres.
- Hayek, Friedrich A. (1979), *Law Legislation and Liberty*, Tome 3, *The Political Order of a Free People*. The University of Chicago Press.
- Hayek, Friedrich (1988), *The Fatal Conceit, The Errors of Socialism*, The University of Chicago Press.
- Hicks, Diana et Sylvan Katz (1996), « Systemic Bibliometric Indicators for the Knowledge-Based Economy », Paper presented at OECD workshop on New Indicators for the Knowledge-Based Economy.
Voir www.central.sussex.ac.uk/Users/sylvank/hickskatz/oecd.html.
- Hobbes, Thomas (1651/1965), *Leviathan*, p. 63. J. M. Dent & Sons LTD, London, 1651 (Everyman's Library, London, 1965).

- Holland, John H. (1975/1992), *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, The MIT Press.
- Holland, John H. (1995), *Hidden Order, How Adaptation Builds Complexity*, Addison Wesley.
- Holland, John H. (1998), *Emergence : From Chaos to Order*, Addison-Wesley.
- Homans, George C. (1961/1974), *Social Behavior: Its Elementary Forms*. Harcourt, Brace & World. Deuxième édition en 1974.
- Huberman, Bernardo A., dir. (1988), *The Ecology of Computation*, North-Holland, Elsevier Science Publishers B.V.
- Hull, Clark (1943), *Principles of Behavior*, Appleton-Century-Crofts, New York.
- Hume, David (1739/1948), *A Treatise of Human Nature*, cité d'après *Hume's Moral and Political Philosophy*, publié par Henry D. Aiken, Hafner Press, 1948.
- Hummon, Norman P. et Thomas J. Fararo (1995), « The Emergence of Computational Sociology », *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 20, no 2-3, p. 79-87.
- Hutchins, Edwin (1995), *Cognition in the Wild*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Jacob, François (1970), *La logique du vivant*, Gallimard.
- Jacob, François (1981), *Le jeu des possibles*, Fayard.
- Jacob, Pierre (1997), *Pourquoi les choses ont-elles un sens ?*, Odile Jacob, Paris.
- Kauffman, Stuart (1993), *The Origins of Order, Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press.
- Kauffman, Stuart (1995), *At Home in the Universe, The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press.
- Kirzner, Israel M. (1973), *Competition and Entrepreneurship*, The University of Chicago Press.
- Kirzner, Israel M. (1979), *Perception, Opportunity, and Profit*, The University of Chicago Press.
- Kirzner, Israel M. (1985), *Discovery and the Capitalist Process*, The University of Chicago Press.
- Kirzner, Israel M. (1989), *Discovery, Capitalism, and Distributive Justice*, Basil Blackwell.
- Kirzner, Israel M. (1997), *How Markets Work*, The Institute of Economic Affairs, Londres.
- Laguë, Bruno et Alain April (1996), « Mapping of Datrix Software Metrics Set to ISO 9126 Maintainability Sub-characteristics », Position Paper, *Forum on Software Engineering Standard Issues*, (SES '96), Montréal. www.lrgl.uqam.ca/ses96/paper/lague.html .
- Laguë, Bruno, Daniel Proulx, Jean Mayrand, Ettore Merlo et John Hudepohl (1997), « Assessing the of Incorporating Function Clone Detection in a Development Process », *International Conference on Software Maintenance '97 (ICSM 97)*, Bari, Italie.
- Lane, David A. (1993a) « Artificial World and Economics, part I », *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 3 p. 89-107.
- Lane, David A. (1993b) « Artificial World and Economics, part II », *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 3 p. 177-197.

- Laird, John E. et Allen Newell (1983), « A Universal Weak Method », Technical Report No. 83-141, Département de Computer Science, Carnegie-Mellon University. Reproduit dans Rosenbloom, Paul S., John E. Laird et A. Newell (1993).
- Lakoff, Sanford (1996), *Democracy: History, Theory, Practice*, Westview Press.
- Langton, Christopher G. (dir.) (1995), *Artificial Life, An Overview*, MIT Press.
- Latour, Bruno (1995), *La science en action*, Gallimard. Traduit de l'anglais. Texte révisé par l'auteur pour l'édition de 1995.
- Latour, Bruno et Steve Woolgar (1977/1996), *La vie de laboratoire*, La découverte.
- Laudan, L. (1977), *Progress and its Problems*, Berkeley, University of California Press.
- Lavoie, Don (1985a), *National Economic Planning: What is Left?*, Ballinger Publishing Company, Cambridge Massachusetts.
- Lavoie, Don (1985b) *Rivalry and Central Planning : The Socialist Calculation Debate Reconsidered*, Cambridge University Press.
- Lawrence, Paul R. et Jay W. Lorsch (1967), *Organization and Environment*, Richard D. Irwin.
- Lewin, Roger (1993), *Complexity, Life at the Edge of Chaos*, J M Dent, Londres.
- Locke, John (1670/1952), *The Second Treatise of Government*, édition *Liberal Arts Press*, sous la direction de Thomas P. Peardon, New York, 1952.
- Lorenz, Konrad (1973/1975), *L'envers du miroir*, Flammarion ; traduction de *Die Rückseite Des Spiegels*, Piper & Verlag, München 1973.
- Macaulay, Stewart (1963), « Non-Contractual Relations in Business: a Preliminary Study », *American Sociological Review* , vol. 28, p. 55-69.
- Macaulay, Stewart (1996), « Organic Transactions: Contract, Frank Lloyd Wright and the Johnson Building », *Wisconsin Law Review*, p. 75-121.
- Macneil, Ian R. (1974), « The Many Futures of Contracts », *Southern California Law Review*, vol. 47, p. 691-816.
- Macneil, Ian R. (1978), « Contracts: Adjustment of Long-Term Economic Relations Under Classical, Neoclassical, and Relational Contract Law », *Northwestern University Law Review*, vol. 72, no 6, p. 854-905.
- Manent, Pierre (1987), *Histoire intellectuelle du libéralisme*, Calman-Lévy.
- March, James G. (1994), *A Primer on Decision Making*, The Free Press.
- March, James G. et Herbert A. Simon (1958), *Organizations*, John Wiley & Sons.
- March, James G. et Johan P. Olsen et al. (1976), *Ambiguity and Choice in Organizations*, Universitetsforlaget, Bergen, Oslo, Tromsø.
- Marr, David (1977), « Artificial Intelligence: A Personal View », *Artificial Intelligence*, 9, p. 37-48. Reproduit dans Haugeland, dir. (1981).
- Marr, David (1982), *Vision*, San Francisco: Freeman.
- Maynard Smith, John (1975), *The Theory of Evolution*, Cambridge University Press.

- Mayrand, Jean et François Coallier (1996), « System Acquisition Based on Software Product Assessment », *Proceedings of the 18th International Conference on Software Engineering*, Berlin, Mars 1996.
- Merton, Robert K. (1942), « The Normative Structure of Science », reproduit dans Merton (1973).
- Merton, Robert K. (1957), « Priorities in Scientific Discovery », reproduit dans Merton (1973).
- Merton, Robert K. (1973), *The Sociology of Science*, The University of Chicago Press.
- Miller, Mark S. et K. Eric Drexler (1988), « Comparative Ecology: A Computational Perspective », dans B.A Huberman, dir. (1988), p. 51-76.
- Minsky, Marvin (1967), *Computation: Finite and Infinite Machines*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Minsky, Marvin (1968), « Matter, Mind, and Model », dans *Semantic Information Processing*, Minsky, dir., Prentice-Hall.
- Minsky, Marvin (1986), *The Society of Mind*, Simon and Schuster. Traduction française : *La société de l'esprit*, Interedition, Paris, 1988.
- Minsky, Marvin et Seymour Papert (1969/1988), *Perceptrons*, MIT Press, Cambridge, Massachussets, édition augmentée, 1988.
- Mintzberg, Henry (1979), *The Structuring of Organizations*, Prentice-Hall.
- Monod, Jacques (1970), *Le hasard et la nécessité*, Seuil, Paris.
- Mowery, David C. et Nathan Rosenberg (1989), *Technology and the Pursuit of Economic Growth*, Cambridge University Press.
- Mowery, David C. et Nathan Rosenberg (1998), *Paths of Innovation, Technological Change in the 20th-Century America*, Cambridge University Press.
- Myerson, Roger B. (1991) *Game Theory, Analysis of Conflict*, Harvard University Press.
- Nelson, Richard R. (1990), « Capitalism as an Engine of Progress », *Research Policy*, vol. 19, p. 193-214.
- Nelson, Richard R. (1992), « What Is “Commercial” and What Is “Public” About Technology and What Should Be? », dans Rosenberg, Landau et Mowery dir. (1992).
- Nelson, R. et S.G. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Mass., Belknap.
- Newell, Allen (1980a), « Physical Symbol System », *Cognitive Science*, vol. 4, p. 135-183. Reproduit dans Norman dir., (1981).
- Newell, Allen (1980b), « Reasoning, Problem Solving, and Decision Processes: The Problem Space as a Fundamental Category », dans R. Nickerson, dir. (1980) *Attention and Performance VIII*, Hillsdale, NJ: Erlbaum. Reproduit dans Rosenbloom, Paul S., John E. Laird et Allen Newell (1993).

- Newell, Allen (1982), « The Knowledge Level », *Artificial intelligence*, 18, p. 87-127.
Reproduit dans Rosenbloom, Paul S., John E. Laird et Allen Newell (1993).
- Newell, Allen (1990), *Unified Theory of Cognition*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Newell, Allen et Herbert A. Simon (1972), *Human Problem Solving*, Prentice-Hall.
- Newell, Allen et Herbert A. Simon (1976/1981), « Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search », reproduit dans Haugeland, dir. (1981) *Mind Design, Philosophy, Psychology, Artificial Intelligence*, The MIT Press.
- Norman, Donald A., dir. (1981), *Perspectives on Cognitive Science*, Ablex Publishing Corporation, Norwood, New Jersey.
- Nozick, Robert (1974), *Anarchy, State, and Utopia*, Basic Books.
- Pagels, Heinz (1988), *The Dreams of Reason, The Computer and the Rise of the Sciences of Complexity*, Simon and Schuster.
- Papert, Seymour (1963), « Étude comparée de l'intelligence chez l'enfant et chez le robot », dans L. Apostel, J.-B. Grize, S. Papert et J. Piaget (1963), *La filiation des structures*, quinzième volume des *Études d'épistémologie génétique*, p. 131-194, PUF, Paris.
- Papert, Seymour (1987), « The Value of Logic and the Logic of Value », dans Bärbel Inhelder, Denys de Caprona et Angela Cornu-Wells, dir., *Piaget Today*, Lawrence Erlbaum Associates.
- Parsons, Talcott (1937), *The Structure of Social Action*, The Free Press, 1949.
- Parsons, Talcott (1951), *The Social System*, The Free Press.
- Parsons, Talcott (1965), *Social Structure and Personality*, The Free Press.
- Parsons, Talcott et Robert F. Bales (1955), *Family, Socialization and Interaction Process*, The Free Press.
- Parsons, Talcott et Edward A. Shils (1951), « Values, Motives, and Systems of Action », dans Parsons et Shils dir. (1951).
- Parsons, Talcott et Edward A. Shils, dir. (1951), *Toward a General Theory of Action*, Harper & Row.
- Parsons, Talcott et Neil J. Smelser (1956), *Economy and Society*, The Free Press.
- Pavitt, Keith (1991), « What Makes Basic Research Economically Useful? », *Research Policy*, 20, p. 109-119.
- Perelman, Chaïm (1977), *L'empire rhétorique*, Vrin.
- Piaget, Jean (1928), « Logique génétique et sociologie », dans Piaget (1977).
- Piaget, Jean (1932), *Le jugement moral chez l'enfant*, Presses Universitaires de France.
- Piaget, Jean (1933), « L'individualité en histoire : L'individu et la formation de la raison », dans Piaget (1977).
- Piaget, Jean (1941), « Essai sur la théorie des valeurs qualitatives en sociologie statique (« synchronique ») », dans Piaget (1977).

- Piaget, Jean (1944), « Les relations entre la morale et le droit », dans Piaget (1977).
- Piaget, Jean (1945), « Les opérations logiques et la vie sociale », dans Piaget (1977).
- Piaget, Jean (1947), *La psychologie de l'intelligence*, Armand Colin.
- Piaget, Jean (1951), « L'explication en sociologie », dans Piaget (1977).
- Piaget, Jean (1963), « Problème de la psycho-sociologie de l'enfance », dans *Traité de sociologie*, sous la direction de Georges Gurwitsch, Presses Universitaires de France.
- Piaget, Jean (1967), *Biologie et connaissance*, Gallimard.
- Piaget, Jean (1968), *Le structuralisme*, PUF, Que sais-je?
- Piaget, Jean (1970), *Épistémologie des sciences de l'homme*, Gallimard.
- Piaget, Jean (1972), *Essai de logique opératoire*, 2^e édition établie par Jean-Blaise Grize, Dunod.
- Piaget, Jean (1974), *Réussir et comprendre*, Presses universitaires de France.
- Piaget, Jean (1977), *Études sociologiques*, 2^e édition augmentée, Librairie Droz.
- Piaget, Jean et Alina Szeminska (1941), *La genèse du nombre chez l'enfant*, Delachaux et Niestlé.
- Piaget, Jean et Rolando Garcia (1983), *Psychogenèse et histoire des sciences*, Flammarion.
- Polanyi, Michael (1951), *The Logic of Liberty*, Routledge and Kegan Paul, Londres.
- Polanyi, Michael (1962), *Personal Knowledge*, The University of Chicago Press.
- Popper, Karl (1943/1965), *The Open Society and Its Enemies*, Princeton University Press.
- Popper, Karl (1988), *Misère de l'historicisme*, édition révisée et augmentée par Renée Bouveresse, Presses Pocket.
- Popper, Karl (1972), *Objective Knowledge*, Oxford University Press.
- Popper, Karl (?) *La quête inachevée*, Presses Pocket.
- Popper, Karl, Konrad Lorenz et al., *L'avenir est ouvert*, sous la direction de Franz Kreutzer, Flammarion, 1990.
- Posner, Michael I., dir. (1989) *Foundations of Cognitive Science*, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Proust, Joëlle (1987), « L'intelligence artificielle comme philosophie », *Le débat*, novembre-décembre 1987.
- Proust, Joëlle (1997), *Comment l'esprit vient aux bêtes. Essai sur la représentation*, Gallimard.
- Pylyshyn, Zenon W. (1989), « Computing in Cognitive Science », dans Posner dir. (1989).
- Radnitzky, Gerard et W.W. Bartley III dir. (1987), *Evolutionary Epistemology, Rationality, and the Sociology of Knowledge*, Open Court, La Salle, Illinois.
- Rawls, John (1971), *A Theory of Justice*, The Belknap Press of Harvard University Press.
- Resnick, Mitchel (1994), *Turtles, Termites, and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*. MIT Press.

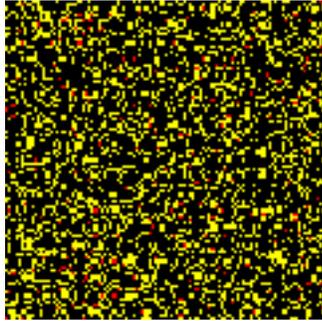
- Rocher, Guy (1968), *Introduction à la sociologie générale*, tome 1, *l'action sociale*.
- Rosenberg, Nathan (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press.
- Rosenberg, Nathan (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press.
- Rosenberg, Nathan (1994), *Exploring the Black Box, Technology, Economics and History*, Cambridge University Press.
- Rosenberg, Nathan et L.E. Birdzell, Jr. (1986), *How the West Grew Rich, The Economic Transformation of the Industrial World*, BasicBooks.
- Rosenberg, Nathan, Ralph Landau et David C. Mowery dir. (1992), *Technology and the Wealth of Nations*, Stanford University Press.
- Rosenberg, Nathan et Richard R. Nelson (1994), « American Universities and Technical Advance in Industry », *Research Policy*, 23, p. 323-348.
- Rosenbloom, Paul S., John E. Laird et Allen Newell, dir. (1993), *The Soar Papers*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 2 volumes. J'utilise la numérotation des pages de ce livres dans mes références aux articles qui y sont reproduits.
- Rousseau, Jean-Jacques (1755/1985), *Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité sociale parmi les hommes*, Gallimard, 1985, p. 96-97.
- Schotter, A. (1981), *The Economic Theory of Social Institutions*, W.W. Norton & Cie.
- Simon, Herbert A. (1947/1957), *Administrative Behavior*, 2e édition, Macmillan.
- Simon, Herbert A. (1966/1977), « Scientific Discovery and Problem Solving », reproduit dans Simon (1977).
- Simon, Herbert A. (1972), « Theories of Bounded Rationality », reproduit dans Simon (1982), p. 408-423.
- Simon, Herbert (1973), « The Organization of Complex Systems », reproduit dans Simon 1977.
- Simon, Herbert A. (1976), « From Substantive to Procedural Rationality », reproduit dans Simon (1982).
- Simon, Herbert A. (1977), *Models of Discovery*, D. Reidel Publishing Company, 1977.
- Simon, Herbert A. (1978a), « Information-Processing Theory of Human Problem Solving », dans le *Handbook of Learning and Cognitive Processes, Volume 5, Human Information Processing*, W.K. Estes, dir., Lawrence Erlbaum.
- Simon (1978b), « Rationality as Process and as Product of Thought », dans Simon (1982).
- Simon, Herbert A. (1981), « Cognitive Science: The Newest Science of the Artificial », dans Norman, dir. (1981).
- Simon, Herbert A. (1982), *Models of Bounded Rationality*, tome 2, *Behavioral Economics and Business Organization*, MIT Press, Cambridge.
- Simon, Herbert A. (1996), *The Science of the Artificial*, 3e édition, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

- Simon, Herbert A. et Craig A. Kaplan (1989), « Foundations of Cognitive Science », dans Posner, dir. (1989).
- Slovan, Aaron (1978), *The Computer Revolution in Philosophy: Philosophy, Science and Models of Mind*, The Harvester Press, Hassocks, Sussex.
- Sørensen, Knut H. et Nora Levold (1992), « Tacit Networks, Heterogeneous Engineers, and Embodied Technology », *Science, Technology & Human Values*, vol. 17, no 1, p. 13-35.
- Stinchcombe, Arthur (1990), *Informations and Organizations*, University of California Press.
- Taylor, Michael (1987), *The Possibility of Cooperation*, Cambridge University Press.
- Teece, David J. (1992), « Strategies for Capturing the Financial Benefits from Technological Innovation », dans Rosenberg, Landau et Mowery dir. (1992).
- Teece, David J. (1998), « Capturing Value from Knowledge Assets: The New Economy, Markets for Know-How, and Intangible Assets », *California Management Review*, vol. 40, no 3, p. 55-79.
- Troitzsch, K. G., U. Mueller, N. Gilbert and J. E. Doran (dir.) (1996) *Social Science Microsimulation*, Berlin: Springer.
- Ulmann-Margalit, E. (1977) *The Emergence of Norms*, Oxford University Press.
- Varela, Francisco (1979), *Principles of Biological Autonomy*, New York, Elsevier North Holland.
- Varela, Francisco (1989), *Connaître: les sciences cognitives*, Éditions du Seuil, Paris.
- Varela, Francisco, Evan Thompson et Eleanor Rosch (1993), *L'inscription corporelle de l'esprit*, Éditions du Seuil, Paris.
- Vincenti, Walter G. (1990), *What Engineers Know and How They Know It*, The Johns Hopkins University Press.
- Von Mises, Ludwig (1949/1963), *Human Action*, 3e édition revue, Contemporary Books.
- Von Neumann, John et O. Morgenstern (1944), *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton.
- Vromen, Jack, J. (1995), *Economic Evolution, An Enquiry into the Foundations of New Institutional Economics*, Routledge, Londres et New York.
- Waldrop, M. Mitchell (1992), *Complexity, The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*, Simon and Schuster.
- Weick, Karl (1979), *The Social Psychology of Organizing*, Addison-Wesley.
- Weintraub, Russel J. (1992), « A Survey of Contract Practice and Policy », *Wisconsin Law Review*, 1992, p. 1-60.
- Whitley, Richard (1984), *The Intellectual and Social Organisation of the Sciences*, Clarendon Press, Oxford.
- Williamson, Oliver E. (1975), *Markets and Hierarchies*, The Free Press.

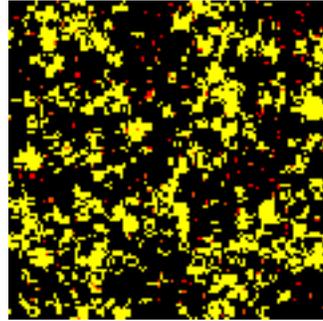
- Williamson, Oliver E. (1985), *The Economic Institution of Capitalism: Firm, Markets, Relational Contracting*, New York, The Free Press.
- Winston, Patrick (1984/1988), *Artificial Intelligence*, Addison-Wesley, 1981/1984 (2e édition). Traduction française de la 2e édition : *Intelligence artificielle*, Addison-Wesley Europe et InterEditions, Paris, 1988.
- Winter, Sidney G. (1987), « Knowledge and Competence as Strategic Assets », dans David J. Teece, *The Competitive Challenge*, Ballinger Publishing Company.
- Wrong, Dennis H. (1994), *The Problem of Order, What Unites and Divides Society*, Harvard University Press.

Annexe A

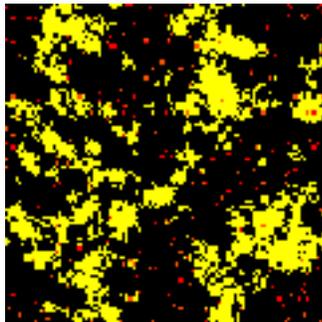
Projet Termites, avec StarLogoT



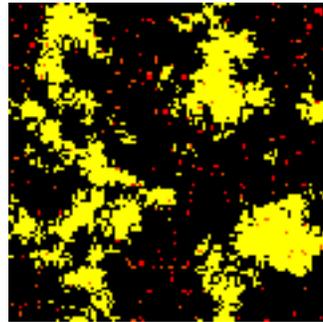
Au départ



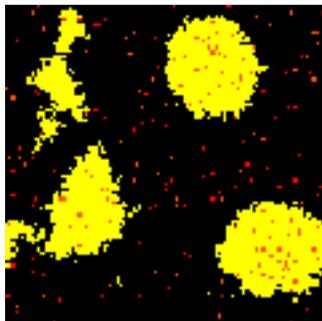
Après une minute



Après deux minutes



Après trois minutes

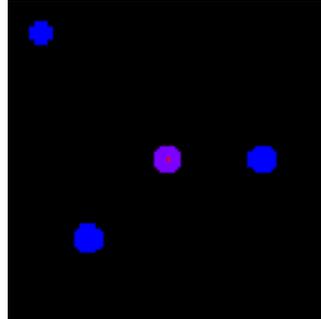


Après dix minutes

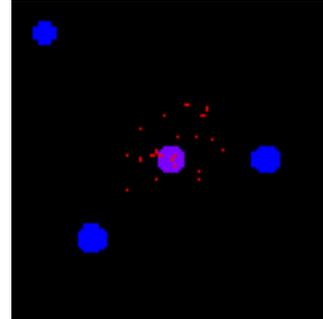
Dans ce projet, les copeaux sont jaunes, les termites sont rouges ou oranges selon qu'ils portent ou non un copeau. Au départ les copeaux sont répartis uniformément. Après dix minutes, les termites les ont regroupés en quatre grandes piles. Dans ce projet, les termites déposent les copeaux les uns à côté des autres au lieu des les empiler.

Annexe B

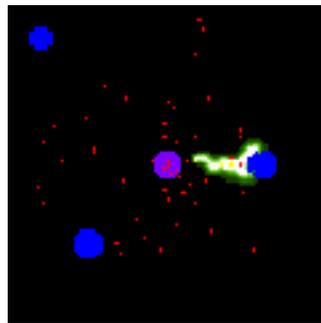
Projet phéromone, avec StarLogoT



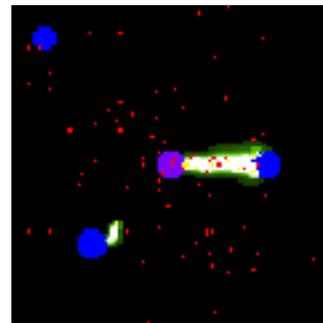
Au départ



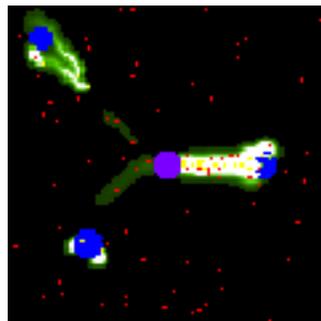
Après 10 secondes



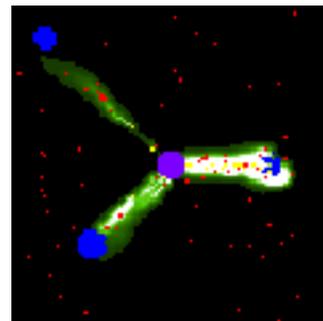
Après 30 secondes



Après 50 secondes



Après 90 secondes

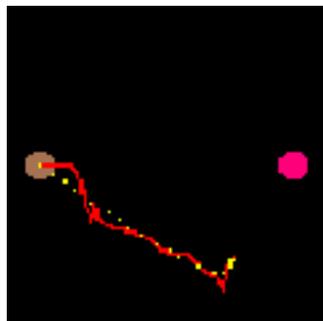


Après 110 secondes

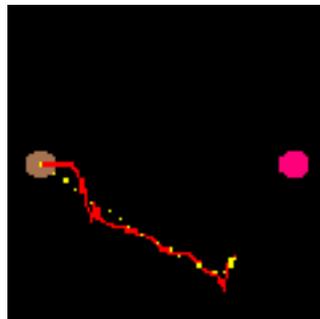
Lorsque les fourmis, en rouge, rapportent de la nourriture, en bleu, à la fourmilière, en mauve, elles laissent une trace de phéromone. À faible densité, la phéromone est verte. À grande densité, elle devient blanche. Les fourmis qui ne portent pas de nourriture se dirigent dans la zone de plus grande densité de phéromone.

Annexe C

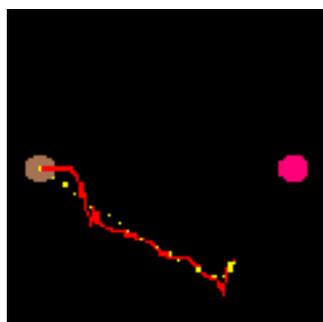
Projet ant-lines, par Uri Wilenski avec StarLogoT



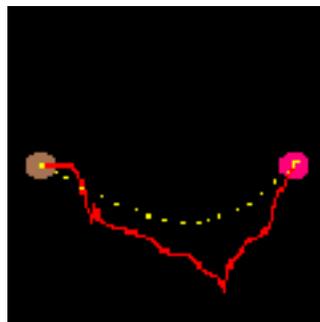
Quatre fourmis



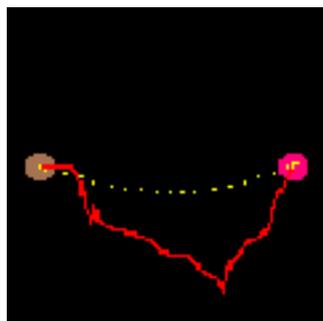
Vingt fourmis



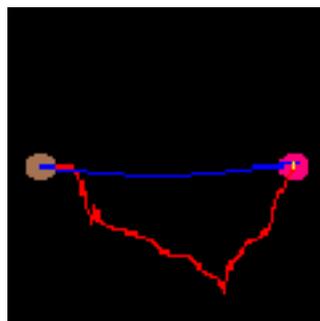
Trente fourmis



Cinquante fourmis



Quatre-vingt-dix fourmis



Cent vingt fourmis

La trajectoire de la première fourmi est tracée en rouge et celle de la dernière l'est en bleu. Les fourmis sont représentées par des points jaunes.

Annexe D

Liste de toutes les participations aux 16 conférences auxquelles est associé Bruno Laguë

	Participant	Organisation	Rencontre
1	Abd-El-Hafiz, Salwa K.	Cairo University	ICSM 2000
2	Abounader, Joe Raymond	Queen's University, Kingston, Ontario, Canada	OOPSLA 1997
3	Abowd, Gregory	Georgia Institute of Technology (USA)	WCRE 1999
4	Abran, Alain	Université du Québec à Montréal	SES 1996
5	Abreu, Fernando Brito e	INESC / Lisbon New University, Portugal	Metrics 2001
6	Agresti, William	NSF (USA)	ICSM 1998
7	Agresti, William	Mitretek Systems, USA	Metrics 1998
8	Agresti, William W.	Mitretek Systems, USA	Metrics 1999
9	Agresti, William W.	Mitretek Systems, USA	Metrics 2001
10	Aiken, Peter H.	Virginia Commonwealth University, USA	WCRE 2000
11	Aizawa, M.	Toshiba Corp., Kanagawa, Japan	Metrics 1998
12	Al-Halabi, Bassem		ISSRE 1999
13	Allen, Edward B.	Florida Atlantic University, USA	ISSRE 1999
14	Allen, Edward B.	Florida Atlantic University, USA	Metrics 1999
15	Allen, Edward B.	Florida Atlantic University, USA	WESS 1998
16	Althammer, E.	U. of Constance, Germany	IWLSSC/DEXA 1998
17	Ammar, Hany	West Virginia University, USA	ISSRE 1999
18	Ammar, Hany	West Virginia University, USA	Metrics 1999
19	Angel Puerta	RedWhale Software Corp, USA	WCRE 2000
20	Anna, M.		ICSM 1998
21	Anquetil, Nicolas	University of Ottawa (Canada)	WCRE 1999
22	Anquetil, Nicolas	Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil	WCRE 2000
23	Antoniol, G.	ITC-IRST, Trento, Italy	Metrics 1998
24	Antoniol, G.	University of Sannio (Italy)	Metrics 1999
25	Antoniol, G.	University of Sannio (Italy)	WCRE 1999
26	Antoniol, Giuliano	IRST (Trento), IT	ICSM 1997
27	Antoniol, Giuliano	IRST (Trento), IT	ICSM 1998
28	Antoniol, Giuliano	IRST (Trento), IT	ICSM 2000
29	Antoniol, Giuliano	University of Sannio, Italy	WCRE 2000
30	Antoniol, Giuliano	IRST (Trento), IT	WESS 1998
31	Antoniol, Giuliano	IRST (Trento), IT	WESS 1999
32	Antoniol, Giulio	IRST (Trento), IT	IWPC 1999
33	Aoyama, Mikio	Niigata Institute of Technology, Japan	ICSE 2001
34	April, Alain	Bell Canada	SES 1996

	Participant	Organisation	Rencontre
35	Arai, Yoshio	3-9-11 Midori-cho Musashino-shi Tokyo 180 Japan	ICSM 1997
36	Atkinson, G.	Microsoft Corp.	Metrics 1998
37	Avritzer, A.	AT&T, NJ	Metrics 1998
38	Azuma, Motoei	Waseda University, Japan	Metrics 1999
39	Bailes, Paul	University of Queensland, Australia	IWPC 1999
40	Balazinska, Magdalena	Ecole Polytechnique de Montréal (Canada)	Metrics 1999
41	Balazinska, Magdalena	Ecole Polytechnique de Montréal (Canada)	WCRE 1999
42	Balazinska, Magdalena	Ecole Polytechnique de Montreal, Canada	WCRE 2000
43	Balmas, Françoise	University of Paris 8 (France)	WCRE 1999
44	Balmas, Françoise	University of Paris 8, France	WCRE 2000
45	Bansiya, Jagdish	University of Alabama, Huntsville, AL, U.S.A	OOPSLA 1997
46	Basili, Victor	University of Maryland, College Park, MD	ICSM 1998
47	Basili, Victor	University of Maryland, College Park, MD	ISSRE 1999
48	Basili, Victor	University of Maryland, College Park, MD	Metrics 1998
49	Basili, Victor R.	University of Maryland, USA	ICSE 2001
50	Bastani, Farokh	UT-Dallas, USA	ISSRE 1999
51	Baxter, Ira D.	Semantic Designs, Inc. USA	ICSM 1997
52	Baxter, Ira D.	Semantic Designs, Inc. USA	ICSM 1998
53	Baxter, Ira D.	Semantic Designs, Inc. USA	WCRE 2000
54	Baziuk, Walter	Nortel	ISSRE 1999
55	Bechta Dugan, Joanne	Univ. of Virginia, USA	ISSRE 1999
56	Belkhatir, Nouredine	LSR IMAG, France	ICSM 1998
57	Belli, Fevzi	Paderborn University, Germany	ISSRE 1999
58	Ben-Shaul, Israel Z.	Technion, Haifa, Israel	IWLSSC/DEXA 1998
59	Ben-Yehuda, Shai	SELA Labs, Israel	OOPSLA 1997
60	Benedusi, Paolo	CRIAI, Italy	ICSM 1998
61	Benkahla, Oum-EI-Kheir	LCIS-ESISAR/INPG, France	ISSRE 1999
62	Benlarbi, Saida	CISTEL (Canada)	ICSM 1998
63	Benlarbi, Saida	CISTEL, Canada	ISSRE 1999
64	Benlarbi, Saïda	CRIM, Montreal, Quebec, Canada	OOPSLA 1997
65	Bennett, Keith	University of Durham (Department of Computer Science), UK	ICSM 1997
66	Bennett, Keith	University of Durham (Department of Computer Science), UK	ICSM 1998
67	Bennett, Keith	University of Durham (Department of Computer Science), UK	IWPC 1999

68	Benson, Ian	DST Systems, USA	WCRE 2000
69	Beringer, D.	Stanford U., USA	IWLSSC/DEXA 1998
70	Bianchi, Alessandro	Universita di Bari, Italy	WCRE 2000
71	Bieman, James	Colorado State University, USA	Metrics 2001
72	Bieman, James	Colorado State University, USA	WESS 1998
	Participant	Organisation	Rencontre
73	Bieman, James	Colorado State University, USA	Metrics 1999
74	Bier, L.		ICSM 1998
75	Birk, A.	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1998
76	Bishop, Judith	University of Pretoria, South Africa	ICSE 2001
77	Bitman, William R.		Metrics 1999
78	Blaha, Michael	OMT Associates Inc. (USA)	WCRE 1999
79	Blaha, Michael	OMT Associates Inc, USA	WCRE 2000
80	Blazy, L.	NASA/IVV	Metrics 1998
81	Bohner, Shawn	META Group, Inc.	ICSM 1998
82	Bohner, Shawn	META Group, Inc.	ICSM 2000
83	Bohner, Shawn	META Group	Metrics 1998
84	Boldyreff, Cornelia	University of Durham, UK	ICSM 1998
85	Boldyreff, Cornelia	University of Durham, UK	WCRE 2000
86	Boshernitsan, Marat	University of California at Berkeley, USA	WCRE 2000
87	Bourque, Pierre	Université du Québec à Montréal	SES 1996
88	Bradley, Steven	University of Durham, UK	ICSM 1998
89	Bradley, Steven	University of Durham, UK	WCRE 2000
90	Braga, Rosana T. V.	USP, Brazil	WCRE 2000
91	Brereton, Pearl	University of Keele, UK	ICSM 1998
92	Brereton, Pearl	University of Keele, UK	ICSM 2000
93	Briand, Lionel	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	ICSM 1997
94	Briand, Lionel	Fraunhofer IESE (Germany)	ICSM 1998
95	Briand, Lionel	Carleton University	ICSM 2000
96	Briand, Lionel	Fraunhofer IESE	ISSRE 1999
97	Briand, Lionel	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1998
98	Briand, Lionel	Carleton University, Department of Systems and Computer Engineering, Ottawa, Canada	Metrics 1999
99	Briand, Lionel	Carleton University, Canada	Metrics 2001
100	Briand, Lionel	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	OOPSLA 1997
101	Briand, Lionel	Fraunhofer Institute, DE	WESS 1999
102	Brown, Alan	Sterling Software, USA	ICSE 2001
103	Bunse, C.		ICSM 1997
104	Burd, Elizabeth	University of Durham (UK)	ICSM 1998
105	Burd, Elizabeth	University of Durham (UK)	WCRE 1999
106	Burd, Elizabeth	University of Durham, UK	WCRE 2000

107	Burke, S.	Computer Sciences Corp., Lanham, MD	Metrics 1998
108	Butler, Greg	Concordia University, Montreal, Quebec, Canada	OOPSLA 1997
109	Caelli, William J (Bill)	Queensland University of Technology (QUT), Australia	WCRE 2000
110	Cagnin, Maria Istela	USP, Brazil	WCRE 2000
111	Caivano, Danilo	Universita di Bari, Italy	WCRE 2000
112	Caldiera, Gianluigi	University of Maryland, College Park (USA)	ICSM 1998
113	Caldiera, Gianluigi	Coopers & Lybrand Consulting, Fairfax, VA	Metrics 1998
114	Calzolari, F.		ICSM 1998
115	Calzolari, F.		WESS 1998
	Participant	Organisation	Rencontre
116	Canfora, Gerardo	University of Sannio, Italy	ICSE 2001
117	Canfora, Gerardo	University of Sannio, Italy	ICSM 1998
118	Canfora, Gerardo	University of Sannio, Italy	ICSM 2000
119	Canfora, Gerardo	University of Sannio, Italy	IWPC 1999
120	Canfora, Gerardo	University of Sannio, Italy	Metrics 1999
121	Canfora, Gerardo	University of Sannio, Italy	WCRE 1999
122	Canfora, Gerardo	University of Sannio, Italy	WCRE 2000
123	Canfora, Gerardo	University of Sannio, Italy	WESS 1999
124	Caprile, Bruno	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (Italy)	WCRE 1999
125	Card, David	Software Productivity Consortium, FL, USA	Metrics 1999
126	Carney, D.		ICSM 1998
127	Carr, Michael		Metrics 1999
128	Carriere, S. Jeromy	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA	OOPSLA 1997
129	Carriere, S. Jeromy	Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA	WCRE 1999
130	Carvalho		WESS 1998
131	Carver, D.		ICSM 1998
132	Casazza, Gerardo	University of Naples, Italy	WCRE 2000
133	Castelli, D.		ICSM 1998
134	Castro, M.		ICSM 1998
135	Chadha, Ritu	Bellcore, Morristown, NJ, USA	IWLSSC/DEXA 1998
136	Chae, H. S.	KAIST, Taejon, Korea	Metrics 1998
137	Chapin, Ned	InfoSci Inc. Menlo Park CA	ICSM 1998
138	Chapin, Ned	InfoSci Inc. Menlo Park CA	ICSM 2000
139	Chechik, Marsha	University of Toronto, Canada	ICSE 2001
140	Chen, Gang	Southeast University, Nanjing, P. R. of China	IWLSSC/DEXA 1998
141	Chen, Mei-Hwa		Metrics 1999
142	Chen, Yih-Farn (Robin)	AT&T Labs - Research, USA	IWPC 1999
143	Chen, Yih-Farn (Robin)	AT&T Labs - Research, USA	WCRE 1999

144	Chen, Yih-Farn (Robin)	AT&T Labs - Research, USA	WCRE 2000
145	Cheng, Betty H.C.	Michigan State University (USA)	WCRE 1999
146	Cherinka, R.		ICSM 1998
147	Chikofsky, Elliot	META Group, USA	ICSE 2001
148	Chikofsky, Elliot	META Group	WCRE 2000
149	Chillarege, Ram	IBM Watson Research Center, USA	ISSRE 1999
150	Chinnis Jr., J. O.	Decision Science Assoc.	Metrics 1998
151	Cho, I. H.	Clemson University, SC	Metrics 1998
152	Chu, William C.	Feng Chia University	ICSM 1997
153	Ciampoli, Roberto	Olivetti Information Services (Italy)	ICSM 1998
154	Cifuentes, Cristina	University of Queensland, Australia	ICSM 1997
155	Cifuentes, Cristina	University of Queensland, Australia	ICSM 1998
156	Cifuentes, Cristina	University of Queensland, Australia	IWPC 1999
	Participant	Organisation	Rencontre
157	Cifuentes, Cristina	University of Queensland, Australia	WCRE 1999
158	Cifuentes, Cristina	University of Queensland, Australia, Sun Microsystems, USA	WCRE 2000
159	Cimitile, Aniello	University of Naples, Italy	ICSE 2001
160	Cimitile, Aniello	University of Naples (Italy)	ICSM 1998
161	Cimitile, Aniello	University of Sannio, Roma, Italia	ICSM 2000
162	Cimitile, Aniello	University of Salerno, Italy	IWPC 1999
163	Cimitile, Aniello	University of Sannio	WCRE 1999
164	Cimitile, Aniello	University of Sannio, Italy	WCRE 2000
165	Cimitile, Aniello	University of Sannio, Roma, Italia	WESS 1999
166	Clements, Paul C.	Software Engineering Institute, USA	ICSE 2001
167	Coallier, François	Bell Canada	ICSE 2001
168	Cockburn, Alistair	Humans and Technology, Salt Lake City, Utah, U.S.A.	OOPSLA 1997
169	Combelles, Annie	Objectif Technologie, France	Metrics 1999
170	Cote, J.	Treasury Board of Canada Secretariat (Canada)	SES 1996
171	Counsell, S.	University of Southampton, Southampton, UK	Metrics 1998
172	Court, Ian	Faculty of Systems Engineering, University of Ulster	ICSM 1997
173	Cowderoy, A.	MMHQ, Ltd.	Metrics 1998
174	Cowderoy, Adrian	Escom, UK	Metrics 1999
175	Cowderoy, Adrian	NexusWorldNet, UK	Metrics 2001
176	Cristoforetti, L.	ITC-IRST, Trento, Italy	Metrics 1998
177	Cross II, James H.	Auburn University, USA	WCRE 2000

178	Cukic, Bojan	West Virginia University, USA	ISSRE 1999
179	Curry, E. L.	Clemson University, SC	Metrics 1998
180	Curtis, Bill	TeraQuest Metrics, USA	Metrics 1999
181	Czeranski, Jorg	Universitat Stuttgart, Germany	WCRE 2000
182	d'Astous, Patrick	École Polytechnique de Montréal	ESSE 1999
183	D'Ippolito, Eliane	CITS, Brazil	ISSRE 1999
184	Dagenais, Michael	Ecole Polytechnique de Montréal (Canada)	WCRE 1999
185	Dagenais, Michel	Ecole Polytechnique de Montréal (Canada)	Metrics 1999
186	Dagenais, Michel	Ecole Polytechnique de Montreal, Canada	WCRE 2000
187	Daly, J.	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1998
188	Daly, J.	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	OOPSLA 1997
189	Daly, J.	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	ICSM 1997
190	Danicic, S.		ICSM 1998
191	Davey, John	University of Durham, UK	WCRE 2000
192	Davey, John	University of Durham, UK	WCRE 2000
193	Dayani-Fard, Homy	IBM Toronto Laboratory, Canada	ICSE 2001
194	De Carlini, Ugo	University of Naples, Italy	IWPC 1999
195	de Freitas, Felipe Gouveia	Pontificia Universidade Catolica do Rio de Janeiro (Brazil)	WCRE 1999
196	De Lucia, Andrea	University of Salerno	ICSM 1997
197	De Lucia, Andrea	Univ. of Sannio, Italy	ICSM 1998
198	De Lucia, Andrea	University of Salerno, Italy	IWPC 1999
199	De Lucia, Andrea	University of Sannio (Italy)	Metrics 1999
	Participant	Organisation	Rencontre
200	De Lucia, Andrea	University of Sannio (Italy)	WCRE 1999
201	De Lucia, Andrea	University of Sannio, Italy	WCRE 2000
202	De Lucia, Andrea	University of Sannio (Italy)	WESS 1999
203	Dean, J.		ICSM 1998
204	DeBaud, Jean- Marc	Bell Laboratories	IWPC 1999
205	DeCarlini, Ugo	Univ di Napoli, Federico II, Italy	WCRE 2000
206	DeCarlini, Ugo	Univ di Napoli, Federico II, Italy	ICSM 1998
207	Decker, B.	Computer Sciences Corp., Lanham, MD	Metrics 1998
208	Dekleva, Sasa	DePaul University, Chicago, IL, USA	ICSM 2000
209	Deligiannis		WESS 1999
210	Demeyer, Serge	University of Bern (Switzerland)	WCRE 1999
211	Demeyer, Serge	University of Antwerp, Belgium	WCRE 2000
212	Deprez, Jean- Christophe	University of Southwestern Louisiana (USA)	WCRE 1999
213	Derks, P.	Drager Medical Technology, Best, The Netherlands	Metrics 1998
214	Desharnais, Jean-Marc	SELAM	SES 1996
215	Devanbu, Prem	University of California at Davis, USA	ICSE 2001
216	Devanbu, Prem	University of California at Davis, USA	IWLSSC/DEXA 1998

217	Devanbu, Prem	University of California at Davis, USA	IWPC 1999
218	Di Lucca, Giuseppe A.	University di Napoli, Federico II, Italy	ICSM 1997
219	Di Lucca, Giuseppe A.	University di Napoli, Federico II, Italy	ICSM 1998
220	Di Lucca, Giuseppe A.	University di Napoli, Federico II, Italy	WCRE 2000
221	Differding, C.		ICSM 1997
222	Dittrich, Klaus R.	University of Zürich, Switzerland	OOPSLA 1997
223	do Prado Leite, Julio Cesar Sampaio	Pontificia Universidade Catolica do Rio de Janeiro (Brazil)	WCRE 1999
224	Dreyer, H. M.	Mummert + Partner Unternehmensberatung AG, Germany	Metrics 1998
225	Ducasse, Stephane	University of Berne, Switzerland	WCRE 2000
226	Ducasse, Stéphane	University of Bern (Switzerland)	WCRE 1999
227	Dumke, Reinder	University of Magdeburg, Allemagne	SES 1996
228	Dumke, Reiner	University of Magdeburg, Germany	Metrics 1999
229	Ebert, Christof	Alcatel, Belgium	Metrics 1999
230	Ebert, Juergen	University of Koblenz-Landau (Germany)	WCRE 1999
231	Ebert, Juergen	University of Koblenz, Germany	WCRE 2000
232	Ehmayr, Gerald	Johannes Kepler University, Linz, Austria	OOPSLA 1997
233	Eick, Stephen	Bell Laboratories/Lucent Technologies, USA	IWPC 1999
234	Eidenzon, Dmitri	Waterloo Hydrogeologic, Inc., Waterloo, Ontario, Canada	OOPSLA 1997
235	Eisenbarth, Thomas	Universitat Stuttgart, Germany	WCRE 2000
236	Eisenstein, Jacob	RedWhale Software Corp, USA	WCRE 2000
	Participant	Organisation	Rencontre
237	El Emam, Khaled	National Research Council Canada	ESSE 1999
238	El Emam, Khaled	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	ICSM 1997
239	El Emam, Khaled	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	ICSM 1998
240	El Emam, Khaled	National Research Council, Canada	ICSM 2000
241	El Emam, Khaled	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1998
242	El-Emam, Khaled	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1999
243	El-Emam, Khaled	National Research Council, Canada	Metrics 2001
244	El-Ramly, M.	University of Alberta (Canada) ou CEL Corporation (Canada)	WCRE 1999
245	Elbaum, S. G.	University of Idaho, Moscow, ID	ICSM 1998
246	Elbaum, S. G.	University of Idaho, Moscow, ID	Metrics 1998
247	Emmerich, Wolfgang	University College London, UK	ICSE 2001
248	Engels, Gregor	University of Paderborn, Germany	ICSE 2001
249	Erdem, Ali	USC Information Sciences Institute (USA)	WCRE 1999
250	Erdogmus, Hakan		Metrics 1999

251	Escala, D.	Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, Spain	Metrics 1998
252	Evanco, William M.		Metrics 1999
253	Everett, William W.	SPRE, Inc.	ISSRE 1999
254	Fanta, R.		ICSM 1998
255	Farr, William	Naval Surface Warfare Center	ICSM 1998
256	Farr, William	Naval Surface Warfare Center	ICSM 2000
257	Farr, William	Naval Surface Warfare Center	ISSRE 1999
258	Fasolino, Anna Rita	University of Naples	ICSM 1997
259	Fasolino, Anna Rita	Univ di Napoli, Federico II, Italy	WCRE 1999
260	Fasolino, Anna Rita	Univ di Napoli, Federico II, Italy	WCRE 2000
261	Feiler, Peter	Software Engineering Insitute, USA	ICSE 2001
262	Felder, Miguel	ONERA CERT, France	ICSE 2001
263	Fernandez, Eduardo	Florida Atlantic University, USA	ISSRE 1999
264	Fernandez, Eduardo	Florida Atlantic University, USA	OOPSLA 1997
265	Fink, R. A.	GTE Internetworking, Columbia, MD	Metrics 1998
266	Finkelstein, Anthony	University College London, UK	ICSE 2001
267	Finnigan, Patrick J.	IBM SWS Toronto Lab, Toronto, Canada	IWLSSC/DEXA 1998
268	Fiutem, R.	ITC-IRST, Trento, Italy),	ICSM 1997
269	Fiutem, R.	ITC-IRST, Trento, Italy),	WESS 1998
270	Fiutem, R.	ITC-IRST, Trento, Italy),	ICSM 1998
271	Fiutem, R.	ITC-IRST, Trento, Italy),	Metrics 1998
272	Fletcher, T.	University of Otago, Dunedin, New Zealand	Metrics 1998
273	Foltin, Erik	Université du Québec à Montréal	SES 1996
274	Fourrier, Cédric	University of Ottawa (Canada)	WCRE 1999
275	Fraboulet, Antoine	University of Queensland, Australia	ICSM 1997
276	Fraboulet, Antoine	University of Queensland, Australia	ICSM 1998
	Participant	Organisation	Rencontre
277	France, Robert	Florida Atlantic University (USA)	ICSM 1998
278	Frankl, P.		ICSM 1998
279	Freeman, Tracy		Metrics 1999
280	French, A.		ICSM 1998
281	Fuggetta, Alfonso	Politecnico di Milano, Italy	ICSE 2001
282	Furuyama, Tsuneo	3-9-11 Midori-cho Musashino-shi Tokyo 180 Japan	ICSM 1997
283	Gaffney, J. E.	Lockheed Martin, VA	Metrics 1998
284	Gall, Harald	Technical University of Vienna, Austria	ICSE 2001
285	Gall, Harald	Technical University of Vienna	ICSM 1997

286	Gall, Harald	Technical University of Vienna, Austria	ICSM 1998
287	Gall, Harald	Technical University of Vienna, Austria	IWPC 1999
288	Gallagher, Keith Brian	Loyola College in Maryland	ICSM 2000
289	Gallagher, Keith Brian	Loyola College in Maryland, USA	IWPC 1999
290	Gallagher, Keith Brian	Loyola College in Maryland, USA	WESS 1998
291	Gallagher, Keith Brian	Loyola College in Maryland, USA	ICSM 1998
292	Gannod, Gerald C.	Arizona State University, USA	ICSE 2001
293	Gannod, Gerald C.	Arizona State University, USA	WCRE 1999
294	Gannod, Gerald C.	Arizona State University, USA	WCRE 2000
295	Garlan, David	Carnegie Mellon University, USA	ICSE 2001
296	Gidron, Y.	Technion, Haifa, Israel	IWLSSC/DEXA 1998
297	Girard, Jean- Francois	Fraunhofer Institute for Experimental Software Engineering	ICSM 1997
298	Girard, Jean- Francois	Fraunhofer Institute for Experimental, Software Engineering (IESE), Germany	ICSM 2000
299	Girard, Jean- Francois	Fraunhofer Einrichtung fur Experimentelles, Germany	WCRE 2000
300	Glass		WESS 1998
301	Godfrey, Michael	University of Waterloo, Canada	ICSE 2001
302	Godfrey, Michael	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
303	Goel, Nishith	CISTEL (Canada)	ICSM 1998
304	Goel, Nishith	CISTEL (Canada)	ISSRE 1999
305	Gokhale, Swapna S.		Metrics 1999
306	Goldenson, Dennis R.	Software Engineering Institute, USA	Metrics 1998
307	Goldenson, Dennis R.	Software Engineering Institute, USA	Metrics 1999
308	Goldenson, Dennis R.	Software Engineering Institute, USA	Metrics 2001
309	Gopal, Anandasivam		Metrics 1999
310	Graham, Nicholas	Queen's University, Canada	ICSE 2001
311	Graham, Susan L.	University of California at Berkeley, USA	WCRE 2000
312	Graves, T. L.	Bell Labs	Metrics 1998
313	Gray, Andrew R.		Metrics 1999
	Participant	Organisation	Rencontre
314	Green, Cordell	Kestrel Institute, USA	WCRE 2000
315	Grotehen, Thomas	University of Zürich, Switzerland	OOPSLA 1997
316	Gruhn, Volker	University of Dortmund, Germany	ICSE 2001
317	Gruhn, Volker	University of Dortmund, Germany	IWLSSC/DEXA 1998
318	Guerra, Patrizia	Consorzio Corinto	ICSM 1997

319	Gupta, A.	Weyerhaeuser Flint River Operations	ICSM 1997
320	Hagemeister, J.	University of Idaho, Moscow, ID	Metrics 1998
321	Hainaut, Jean-Luc	University of Namur, Belgium	WCRE 2000
322	Hajek, K.		ICSM 1998
323	Hall, R.		ICSM 1998
324	Hall, Tracy	South Bank University, UK	WESS 1999
325	Hamann, Dirk	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1998
326	Hamann, Dirk	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1999
327	Han, Jun	Monash University	ICSM 1997
328	Hannan, T.	BTG Inc., Delta Research Corp. (USA)	SES 1996
329	Harauz, John	Ontario Hydro	SES 1996
330	Harman, Mark	Goldsmiths College, UK	ICSM 1998
331	Harman, Mark	Goldsmiths College, UK	WESS 1999
332	Harris, David R.	Bedford, MA	ICSM 2000
333	Harrison, Rachel	University of Southampton, Southampton, UK	Metrics 1998
334	Harrison, Rachel	University of Southampton, UK	Metrics 1999
335	Harrison, Rachel	University of Reading, UK	Metrics 2001
336	Harrison, Rachel	University of Southampton, UK	WESS 1999
337	Harrison, Warren	Portland State University, USA	Metrics 1999
338	Harrison, Warren	Portland State University, USA	Metrics 2001
339	Harrison, Warren	Portland State University, USA	WESS 1999
340	Harrold, Mary Jean	Georgia Institute of Technology	ICSE 2001
341	Harrold, Mary Jean	Ohio State University (USA)	ICSM 1998
342	Harvey Siy		Metrics 1999
343	Hassan, Ahmed E.	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
344	Hatton, Les	Oakwood Computing , UK	WESS 1999
345	Hayes, Will	Software Engineering Institute, Pittsburgh, PA	Metrics 1998
346	Hayes, Will	Software Engineering Institute, Pittsburgh, PA	Metrics 1999
347	He, Zhonglin	Faculty of Informatics, University of Ulster	ICSM 1997
348	Heimbigner, D.		ICSM 1998
349	Henderson-Sellers, Brian	Centre for Object Technology Applications and Research (COTAR), Swinburne University of Technology, Sydney, Australia	Metrics 1999
350	Hendrix, T. Dean	Auburn University, USA	WCRE 2000
351	Henley, M.O.	Lockheed Martin Voight Systems Corporation	SES 1996
352	Henry		WESS 1998
353	Hierons	UK	WESS 1999
354	Hill, Clarence	Fannie Mae Corporation	WESS 1998
355	Hirvensalo, J.	Ericsson, Jarvas, Finland	Metrics 1998
356	Hissam, S.		ICSM 1998

	Participant	Organisation	Rencontre
357	Hitz, M.	U. of Vienna, Austria	IWLSSC/DEXA 1998
358	Hobatz, C.	Clemson University, SC	Metrics 1998
359	Hoffman, Dan	University of Victoria, Canada	ICSE 2001
360	Hoffnagle, Gene F.	IBM Corporation, USA	ICSE 2001
361	Hogshead Davis, Kathi	Northern Illinois University, USA	WCRE 2000
362	Holcombe	UK	WESS 1999
363	Holder, O.	Technion, Haifa, Israel	IWLSSC/DEXA 1998
364	Holt, Richard C.	University of Waterloo, Canada	IWLSSC/DEXA 1998
365	Holt, Richard C.	University of Waterloo, Canada	WCRE 1999
366	Holt, Richard C.	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
367	Höltje, Dirk	McGill University	ICSM 1997
368	Homan, Dave	Nortel, UK	WESS 1999
369	Hong, C.		ICSM 1998
370	Horgan, Joseph Robert	Bellcore, USA	ISSRE 1999
371	Horgan, Joseph Robert	Bellcore, USA	Metrics 1999
372	Howse, J.	U. of Brighton, UK	IWLSSC/DEXA 1998
373	Hsu, C.		ICSM 1998
374	Hudepohl, John	Nortel, Research Triangle Park	ICSM 1997
375	Hutchins, M.		ICSM 1998
376	Iio, Kazuhiko	3-9-11 Midori-cho Musashino-shi Tokyo 180 Japan	ICSM 1997
377	Inoue, Katsuro		Metrics 1999
378	Jacquet, E.	SANOFI Recherche, Gentilly, France	Metrics 1998
379	Jacquet, Jean-Philippe	Université du Québec à Montréal	SES 1996
380	Jahnke, Jens	University of Victoria, Canada	ICSE 2001
381	Jahnke, Jens H.	University of Victoria, Canada	WCRE 2000
382	Jain, P.	Stanford U., USA	IWLSSC/DEXA 1998
383	Jaktman		WESS 1998
384	Jarvinen, Janne	VTT Electronics, Oulu, Finland	Metrics 1998
385	Jarvinen, Janne	VTT Electronics, Oulu, Finland	Metrics 1999
386	Jarzabek, S.	National U. of Singapore	IWLSSC/DEXA 1998
387	Jazayeri, Mehdi	Technical University of Vienna	ICSM 1997
388	Jazayeri, Mehdi	Technical University of Vienna	ICSM 1998
389	Jeffery, Ross	University of New South Wales, Australia	Metrics 1999
390	Jeffery, Ross	University of New South Wales, Australia	Metrics 2001
391	Jeffery, Ross	University of New South Wales, Australia	WESS 1999

392	Jermaine, Christopher	Georgia Institute of Computing (USA)	WCRE 1999
393	Johansson, Erik	Q-Labs, Sweden	Metrics 2001
394	Johnson, W. Lewis	USC Information Sciences Institute (USA)	WCRE 1999
	Participant	Organisation	Rencontre
395	Jones	UK	WESS 1999
396	Jones, Wendel	Nortel, USA	Metrics 1999
397	Jones, Wendell	Nortel, USA	ICSM 1998
398	Jones, Wendell D.	Nortel, USA	ISSRE 1999
399	Kahen	UK	WESS 1999
400	Kaiser, Gail	Columbia University, USA	ICSE 2001
401	Kalaichelvan, Kalai S.	Nortel-Advanced Technology, Canada	ISSRE 1999
402	Kalaichelvan, Kalai S.	NORTEL, Canada	Metrics 1999
403	Kalaichelvan, Kalai S.	Nortel Technology	SES 1996
404	Kamkar, Mariam	Linkoping University (Sweden)	ICSM 1998
405	Kanoun, Karama	LAAS-CNRS, France	ISSRE 1999
406	Kao, Ming-Hung		Metrics 1999
407	Karcich, Rick	Storage Technology Corporation, USA	ISSRE 1999
408	Kark, Anatol W.	National Research Council of Canada, Canada	ICSE 2001
409	Kassab, Lora	Naval Research Lab, USA	ISSRE 1999
410	Kazman, Rick	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University (USA)	Metrics 1999
411	Kazman, Rick	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University (USA)	OOPSLA 1997
412	Kazman, Rick	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University (USA)	WCRE 1999
413	Kazman, Rick	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University (USA)	WCRE 2000
414	Keene, Sam	Independent Consultant, USA	ISSRE 1999
415	Keller, Rudolf K.	Université de Montréal	ICSE 2001
416	Keller, Rudolf K.	Université de Montréal	ICSM 2000
417	Keller, Rudolf K.	Université de Montréal	IWLSSC/DEXA 1998
418	Keller, Rudolf K.	Université de Montréal	OOPSLA 1997
419	Kellner, Marc I.	Software Engineering Institute	ICSM 1998
420	Kemerer, Chris	University of Pittsburgh , USA	Metrics 1999
421	Kemerer, Chris	University of Pittsburgh , USA	WESS 1999
422	Kent, Stuart	University of Brighton, UK	IWLSSC/DEXA 1998
423	Kerhervé		WESS 1998
424	Kesch, Daniel	Systor AG, Basel, Switzerland	OOPSLA 1997
425	Khoshgoftaar, Taghi M.	Florida Atlantic University (USA)	ICSM 1998

426	Khoshgoftaar, Taghi M.	Florida Atlantic University, Dept of Computer Science and Engineering,	ICSM 2000
427	Khoshgoftaar, Taghi M.	Florida Atlantic University, Dept of Computer Science and Engineering,	ISSRE 1999
428	Khoshgoftaar, Taghi M.	Florida Atlantic University, Dept of Computer Science and Engineering,	Metrics 1999
429	Khoshgoftaar, Taghi M.	Florida Atlantic University, USA	Metrics 2001
430	Khoshgoftaar, Taghi M.	Florida Atlantic University (USA)	WESS 1998
431	Kienle, Holger	Universitat Stuttgart, Germany	WCRE 2000
	Participant	Organisation	Rencontre
432	Kim, Kane	UC Irvine, USA	ISSRE 1999
433	Kirsopp, Colin		Metrics 1999
434	Kitchenham, Barbara	University of Keele, UK	Metrics 1999
435	Kitchenham, Barbara	University of Keele, UK	WESS 1999
436	Kloesch, Rene	Technical University of Vienna	ICSM 1997
437	Knafl, George	DePaul Univ., USA	ISSRE 1999
438	Kong, L.	University of Alberta (Canada) ou CEL Corporation (Canada)	WCRE 1999
439	Kontogiannis, Kostas	University of Waterloo, Canada	ICSE 2001
440	Kontogiannis, Kostas	University of Waterloo, Canada	Metrics 1999
441	Kontogiannis, Kostas	University of Waterloo, Canada	WCRE 1999
442	Kontogiannis, Kostas	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
443	Korel, Bogdan	Illinois Institute of Technology, USA	IWPC 1999
444	Korn, Jeffrey	Princeton University (USA)	WCRE 1999
445	Kornbrot, D.	University of Hertfordshire	Metrics 1998
446	Koschke, Rainer	University of Stuttgart, Germany	ICSM 1997
447	Koschke, Rainer	University of Stuttgart, Germany	WCRE 1999
448	Koschke, Rainer	University of Stuttgart, Germany	WCRE 2000
449	Koskimies, Kai	Tampere University of Technology, Finland	ICSE 2001
450	Koutsoufios, Eleftherios	AT&T Labs - Research (USA)	WCRE 1999
451	Kramer, Jeff	Imperial College, UK	ICSE 2001
452	Kriha, Walter	Systor AG, Basel, Switzerland	OOPSLA 1997
453	Krishnan, M.S.	University of Michigan, USA	WESS 1999
454	Kulik, Connie	Fannie Mae Corporation	WESS 1998
455	Kullbach, Bernt	University of Koblenz-Landau (Germany)	WCRE 1999
456	Kung, H.		ICSM 1998
457	Kusumoto, Shinji		Metrics 1999
458	Kutscha, Sebastian	xenium AG, Sustainable Software Systems, Muenchen, German	ICSM 2000
459	Kwon, Y. R.	KAIST, Taejon, Korea	Metrics 1998

460	Laguë, Bruno	Bell Canada	ESSE 1999
461	Laguë, Bruno	Bell Canada, Canada	ICSE 2001
462	Laguë, Bruno	Bell Canada	ICSM 1997
463	Laguë, Bruno	Bell Canada	ICSM 1998
464	Laguë, Bruno	Bell Canada	ICSM 2000
465	Laguë, Bruno	Bell Canada, Canada	ISSRE 1999
466	Laguë, Bruno	Bell Canada	IWLSSC/DEXA 1998
467	Laguë, Bruno	Bell Canada	Metrics 1998
468	Laguë, Bruno	Bell Canada	Metrics 1999
469	Laguë, Bruno	Bell Canada	Metrics 2001
470	Laguë, Bruno	Bell Canada	OOPSLA 1997
471	Laguë, Bruno	Bell Canada	WCRE 1999
	Participant	Organisation	Rencontre
472	Laguë, Bruno	Bell Canada, Canada	WCRE 2000
473	Laguë, Bruno	Bell Canada	WESS 1998
474	Laguë, Bruno	Bell Canada	WESS 1999
475	Laguë, Bruno	Bell Canada	SES 1996
476	Laitenberger, Oliver	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1998
477	Laitenberger, Oliver	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1999
478	Lakhotia, Arun	University of Southwestern Louisiana (USA)	WCRE 1999
479	Lamb, David Alex	Queen's University, Kingston, Ontario, Canada	OOPSLA 1997
480	Lanubile, Filippo	University of Bari (Italy)	ICSM 1998
481	Lanubile, Filippo	University of Bari	ICSM 2000
482	Lanubile, Filippo	University of Bari, Bari, Italy	Metrics 1998
483	Lanubile, Filippo	University of Bari, Italy	Metrics 1999
484	Lanubile, Filippo	University of Bari, Italy	Metrics 2001
485	Lanubile, Filippo	University of Bari, IT	WESS 1999
486	Lanza, Michele	University of Bern (Switzerland)	WCRE 1999
487	Laprie, Jean-Claude	LAAS-CNRS, France	ISSRE 1999
488	Lassing, N.H.	Vrije U., Amsterdam, Netherlands	IWLSSC/DEXA 1998
489	Lauder, A.	U. of Brighton, UK	IWLSSC/DEXA 1998
490	Layzell, Paul	UMIST, Manchester, UK. Department of Computation	ICSM 1998
491	Layzell, Paul	UMIST, Manchester, UK. Department of Computation	WESS 1999
492	Layzell, Paul J.	UMIST, Manchester, UK. Department of Computation	ICSM 2000
493	Le Gall, Gilbert	CNET	Metrics 1999
494	Leadabrand, S.J.	Lockheed Martin Voight Systems Corporation	SES 1996

495	Leduc, Charles	Bell Canada	OOPSLA 1997
496	Lee, Eric H. S.	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
497	Lee, Michael A.	INSEAD, France	Metrics 1999
498	Lehman, Manny	Imperial College of Science, London (UK)	ICSM 1998
499	Lehman, Manny	Imperial College of Science, London (UK)	Metrics 1998
500	Lehman, Manny	Imperial College of Science, London (UK)	WESS 1998
501	Lehman, Manny	Imperial College of Science, London (UK)	WESS 1999
502	Lemoine, Michel	Institute for System Programming, Russia	ICSE 2001
503	Leszak, Marek		Metrics 1999
504	Lethbridge, Timothy C.	University of Ottawa, Canada	ESSE 1999
505	Lethbridge, Timothy C.	University of Ottawa, Canada	ICSE 2001
506	Lethbridge, Timothy C.	University of Ottawa, Canada	WCRE 1999
507	Lethbridge, Timothy C.	University of Ottawa, Canada	WESS 1998
508	Lewis		WESS 1998
509	Li		WESS 1998
510	Liang, D.		ICSM 1998
	Participant	Organisation	Rencontre
511	Lindquist, Timothy E.	Arizona State University, USA	WCRE 2000
512	Lindvall, Mikael		ICSM 1998
513	Lindvall, Mikael		Metrics 1999
514	Linkman, Sue		Metrics 1999
515	Linos, Panagiotis	Tennessee Tech University, USA	WCRE 2000
516	Linos, Panagiotis K.	Tennessee Technological University	IWPC 1999
517	Liu, X.		ICSM 1998
518	Liu, X.		WESS 1998
519	Lokan, C. J.	Australian Defence Force, Canberra, Australia	Metrics 1998
520	Lokan, C. J.	Australian Defence Force, Canberra, Australia	Metrics 1999
521	Loomes, M.	University of Hertfordshire, Hatfield, UK	Metrics 1998
522	Lounis, Hakim	CRIM, Canada	Metrics 1999
523	Lounis, Hakim	CRIM, Canada	Metrics 2001
524	Luker, Paul	De Montfort University	ICSM 1997
525	Lung, Chung- Horn	Nortel Networks, Ottawa, Ontario, Canada	ICSM 2000
526	Luo, Z.	University of Durham	ICSM 1997
527	Lutteri, G.	IRST	ICSM 1997
528	Lynd, Eugene C.	(US) Defense Logistics Agency Systems Design Center, (DSDC)	ICSM 1997
529	Lyon, Steve	Mitel Corporation	ESSE 1999
530	Lyu, Michael R.	The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong	ISSRE 1999

531	MacDonell, Stephen G.	University of Otago, Dunedin, New Zealand	Metrics 1998
532	MacDonell, Stephen G.	University of Otago, Dunedin, New Zealand	Metrics 1999
533	MacMichael, Ryan A.	Reliable Software Technologies	ISSRE 1999
534	Madhavji, Nazim H.	McGill University (Canada)	ICSM 1997
535	Madhavji, Nazim H.	McGill University (Canada)	ICSM 1998
536	Maghsoodloo, Saeed	Auburn University, USA	WCRE 2000
537	Malaiya, Yashwant K.	Colorado State Univ., USA	ISSRE 1999
538	Maldonado, Jose Carlos	ICMSC-USP, Brazil	ISSRE 1999
539	Malloy, B. A.	Clemson University, SC	Metrics 1998
540	Mamas, Evan	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
541	Mancini, Loredana	O. Group (Italy)	ICSM 1998
542	Mancoridis, Spiros	Drexel University, USA	ICSE 2001
543	Mancoridis, Spiros	Drexel University (USA)	WCRE 1999
544	Manderson	UK	WESS 1999
545	Marlin, Chris	Flinders University, Australia	ICSE 2001
546	Martin, Johannes	University of Victoria, Canada	WCRE 2000
547	Marx Golub, Judith	Software Management Network	ICSM 1998
548	Masiero, Paulo C.	USP, Brazil	WCRE 2000
	Participant	Organisation	Rencontre
549	Mathur, Aditya	Purdue University, USA	ICSE 2001
550	Mathur, Aditya P.	Purdue University, USA	ISSRE 1999
551	Matsumoto, M.J.	Tsukuba U., Japan	IWLSSC/DEXA 1998
552	Mätzel, Kai-Uwe	Ubilab, Zürich, Switzerland	IWLSSC/DEXA 1998
553	Mätzel, Kai-Uwe	Ubilab, Zürich, Switzerland	OOPSLA 1997
554	Maxwell, Katrina	Datamax, France	Metrics 2001
555	Mayrand, Jean	Telsoft Ventures Inc.	ICSM 1997
556	Mayrhauser, Anneliese von	University of Maryland at Baltimore County, USA	ICSE 2001
557	McCabe, Thomas	McCabe and Assoc.	ICSM 1998
558	McCabe, Thomas J.	McCabe and Assoc.	Metrics 1998
559	McGarry, Frank	Computer Sciences Corp., Lanham, MD	Metrics 1998
560	McGregor, J. D.	Clemson University, SC	Metrics 1998
561	Melo, Walcélio	Catholic University of Brasilia, Brazil	ICSE 2001
562	Melo, Walcélio	ORACLE (Brazil)	ICSM 1998

563	Melo, Walcélio	ORACLE and UCB, Brazil	ISSRE 1999
564	Merlo, Ettore	École Polytechnique de Montréal, Canada	ICSE 2001
565	Merlo, Ettore	École Polytechnique de Montréal, Canada	IWPC 1999
566	Merlo, Ettore	École Polytechnique de Montréal, Canada	Metrics 1999
567	Merlo, Ettore	École Polytechnique de Montréal, Canada	WCRE 1999
568	Merlo, Ettore M.	École Polytechnique de Montréal, Canada	ICSM 1997
569	Merlo, Ettore M.	École Polytechnique de Montréal, Canada	ICSM 1998
570	Merlo, Ettore M.	École Polytechnique de Montréal, Canada	ICSM 2000
571	Merlo, Ettore M.	École Polytechnique de Montréal, Canada	WCRE 2000
572	Mili, Ali	West Virginia University, USA	ICSE 2001
573	Miller, James	University of Strathclyde, UK	Metrics 1999
574	Miller, James	University of Strathclyde, UK	Metrics 2001
575	Mittermeir, Roland	University of Klagenfurt, Austria	ICSE 2001
576	Mockus, Audris	Lucent Technologies, Bell Laboratories, USA	ICSM 2000
577	Mockus, Audris	Lucent Technologies, Bell Laboratories, USA	Metrics 1998
578	Mockus, Audris	Lucent Technologies, Bell Laboratories, USA	Metrics 1999
579	Mockus, Audris	Lucent Technologies, Bell Laboratories, USA	Metrics 2001
580	Moineau, P.		ICSM 1998
581	Moiso, C.		Metrics 1999
582	Montes de Oca, C		ICSM 1998
583	Moonen, Leon	CWI, The Netherlands	WCRE 2000
584	Moore, Melody	Georgia Institute of Technology, USA	ICSE 2001
585	Moore, Melody	Georgia State University	WCRE 1999
586	Moore, Melody M.	Georgia State University, USA	WCRE 2000
587	Morasca, Sandro	Politecnico di Milano, Milano, Italia	ICSM 1998
588	Morasca, Sandro	Politecnico di Milano, Milano, Italia	ICSM 2000
589	Morasca, Sandro	Politecnico di Milano, Milano, Italia	Metrics 1999
590	Morasca, Sandro	Politecnico di Milano, Milano, Italia	Metrics 2001
591	Moreira, H.		ICSM 1998
592	Moreira, H.		WESS 1998
	Participant	Organisation	Rencontre
593	Moriso, Maurizio	Politecnico di Torino, Torino, Italy	Metrics 1998
594	Moriso, Maurizio	Politecnico di Torino, Torino, Italy	Metrics 1999
595	Moriso, Maurizio	Politecnico di Torino, Torino, Italy	Metrics 2001
596	Morris, Pam	Total Metrics	SES 1996
597	Moshkina, Lilia	Georgia State University, USA	WCRE 2000
598	Mössenböck, Peter	University of Linz, Austria	IWLSSC/DEXA 1998
599	Moura, I.		ICSM 1998
600	Mowbray, Thomas J.	MITRE, McLean, VA, U.S.A.	OOPSLA 1997
601	Mudiam, Sudhakiran V.	Arizona State University, USA	WCRE 2000
602	Mukhopadhyay, Tridas		Metrics 1999
603	Müller, Hausi A.	University of Victoria, Canada	ICSE 2001
604	Müller, Hausi A.	University of Victoria, Canada	ICSM 1998

605	Müller, Hausi A.	University of Victoria, Canada	ICSM 2000
606	Müller, Hausi A.	University of Victoria, Canada	IWPC 1999
607	Müller, Hausi A.	University of Victoria, Canada	WCRE 2000
608	Munikoti, Rama	Nortel Networks	ESSE 1999
609	Munikoti, Rama	NORTEL	ISSRE 1999
610	Munro, Malcolm	University of Durham	ICSM 1997
611	Munro, Malcolm	University of Durham, UK, Centre for Software Maintenance	ICSM 1998
612	Munro, Malcolm	University of Durham, UK	ICSM 2000
613	Munro, Malcolm	University of Durham, UK	IWPC 1999
614	Munro, Malcolm	University of Durham, UK	WCRE 1999
615	Munson, John C.	University of Idaho (USA)	ICSM 1998
616	Munson, John C.	University of Idaho (USA)	ICSM 2000
617	Munson, John C.	University of Idaho (USA)	ISSRE 1999
618	Munson, John C.	University of Idaho (USA)	Metrics 1998
619	Munson, John C.	University of Idaho (USA)	Metrics 1999
620	Musa, John D.	Independent Consultant, USA	ISSRE 1999
621	Muthanna, S.	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
622	Mylopoulos, John	University of Toronto, Canada	ICSE 2001
623	Myrtveit, Ingunn	Norwegian School of Management, Sandvika, Norway et Andersen Consulting	Metrics 1998
624	Myrtveit, Ingunn	Norwegian School of Management, Sandvika, Norway et Andersen Consulting	Metrics 1999
625	Myrveit, Ingunn	Norwegian School of Management, Norway	Metrics 2001
626	Natale, Domenico	SOGEI, Rome, Italy	ICSM 1998
627	Nebbe, Robb	University of Bern (Switzerland)	WCRE 1999
628	Nesi, Paolo	University of Florence	ICSM 2000
629	Nesi, Paolo	University of Firenze, Italy	Metrics 1999
630	Neubert, Chris	Joint Group on Systems Engineering	SES 1996
631	Nicholas Zvegintzov	Software Management Network (USA)	ICSM 1998
632	Nierstrasz, Oscar	U. of Berne, Switzerland	ICSE 2001
633	Nierstrasz, Oscar	U. of Berne, Switzerland	IWLSSC/DEXA 1998
	Participant	Organisation	Rencontre
634	Niessink, Frank	Vrije Universiteit, The Netherlands	ICSM 1997
635	Niessink, Frank	Vrije Universiteit, The Netherlands	ICSM 1998
636	Niessink, Frank	Vrije Universiteit, The Netherlands	Metrics 1999
637	Niessink, Frank	Vrije Universiteit, The Netherlands	Metrics 2001
638	Niessink, Frank	Vrije Universiteit, The Netherlands	WESS 1998
639	Niessink, Frank	Vrije Universiteit, The Netherlands	WESS 1999
640	Nikora, Allen P.	Jet Propulsion Laboratory, USA, Autonomy and Control Section,	ICSM 1998
641	Nikora, Allen P.	Jet Propulsion Laboratory, USA, Autonomy and Control Section,	ICSM 2000
642	Nikora, Allen P.	Jet Propulsion Laboratory, USA, Autonomy and Control Section,	ISSRE 1999

643	Nithi, R.	University of Southampton, Southampton, UK	Metrics 1998
644	Northrop, Linda	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, USA	ICSE 2001
645	Notkin, David	University of Washington, USA	ICSE 2001
646	Nuseibeh, Bashar	Imperial College, UK	ICSE 2001
647	Nytro, O.	Norwegian University of Science and Technology	ICSM 1997
648	O'Brian		WESS 1998
649	O'Brien, Liam	Rho Transformations, Australia	IWPC 1999
650	O'Brien, Liam	Software Engineering Institute, USA	WCRE 2000
651	O'Rourke, Tom	PaineWebber Inc.	OOPSLA 1997
652	Offutt, Jeff	George Mason University, USA	ICSE 2001
653	Ogasawara, H.	Toshiba Corp., Kanagawa, Japan	Metrics 1998
654	Ohba, Mitsuru	Hiroshima City Univ., Japan	ISSRE 1999
655	Ohlsson, Magnus C.		ICSM 1998
656	Ohlsson, Magnus C.		Metrics 1999
657	Ohlsson, Magnus C.	Sweden	WESS 1999
658	Oivo, Markku	VTT Electronics, Oulu, Finland	Metrics 1998
659	Oivo, Markku	VTT Electronics, Finland	Metrics 2001
660	Olsem, Mike	USA	WCRE 2000
661	Oman, Paul	University of Idaho (USA)	ICSM 1998
662	Oman, Paul	University of Idaho (USA)	Metrics 1998
663	Oman, Paul	University of Idaho (USA)	Metrics 1999
664	Oman, Paul W.	University of Idaho (USA)	ICSM 1997
665	Oosting, Kris	Shared Objectives, The Netherlands	Metrics 1999
666	Ostrand	USA	WESS 1999
667	Ostrin, J.		ICSM 1998
668	Ott, Linda M.	Michigan Technological University, USA	Metrics 1999
669	Overstreet, C.		ICSM 1998
670	Parry III, Thomas O.	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
671	Pasquini, Alberto	ENEA, Italy	ISSRE 1999
672	Paton, Keith	Paton System Design	SES 1996
673	Payne, Jeffrey	Reliable Software Technologies	ISSRE 1999
674	Peacocke, Dick	Nortel Networks, Canada	Metrics 2001
675	Pearse, Troy	Hewlett-Packard	ICSM 1997
	Participant	Organisation	Rencontre
676	Pearse, Troy	Hewlett-Packard (USA)	ICSM 1998
677	Pearse, Troy	Hewlett-Packard (USA)	Metrics 1999
678	Penteado, Rosangela	UFSCar, Brazil	WCRE 2000
679	Perelgut, Stephen	IBM Toronto Laboratory, Canada	ICSE 2001
680	Perelgut, Stephen	IBM Centre for Advanced Studies, Canada	WCRE 2000

681	Perry, Dewayne E.	University of Texas at Austin, USA	ICSE 2001
682	Perry, Dewayne E.	Lucent Technologies	ICSM 1998
683	Perry, Dewayne E.	Lucent Technologies	Metrics 1998
684	Petruzzelli, Silvia	Consorzio Corinto	ICSM 1997
685	Pezzè, Mauro	Politecnico di Milano, Italy	IWLSSC/DEXA 1998
686	Pfleeger, Shari Lawrence	Systems/Software, Inc., USA	ICSM 1998
687	Pfleeger, Shari Lawrence	University of Maryland	Metrics 1998
688	Pfleeger, Shari Lawrence	Systems/Software, Inc., USA	Metrics 1999
689	Pfleeger, Shari Lawrence	Systems/Software, Inc., USA	Metrics 2001
690	Pfleeger, Shari Lawrence	Systems/Software, Inc., USA	WESS 1998
691	Pfleeger, Shari Lawrence	Systems/Software, Inc., USA	WESS 1999
692	Pham, Hoang	Rutgers University, USA	ISSRE 1999
693	Pichai, R.	Microsoft Corp.	Metrics 1998
694	Pickard, Lesley	University of Keele, UK	Metrics 1999
695	Pickard, Lesley	University of Keele, UK	WESS 1999
696	Pidgeon, Christopher W.	Semantic Designs, Inc.	ICSM 1997
697	Pierce, Dave	RST	ISSRE 1999
698	Pigoski, Thomas M.	Technical Software Services (USA)	ICSM 1998
699	Pigoski, Thomas M.	TECHSOFT, Inc.	ICSM 2000
700	Plodereder, Erhard	Univeristy of Stuttgart, Germany	WCRE 2000
701	Pluess, Stephan	Systor AG, Basel, Switzerland	OOPSLA 1997
702	Ponnambalam, Kumaraswamy	University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada	OOPSLA 1997
703	Ponnambalam, Kumaraswamy	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
704	Pons		WESS 1998
705	Porter, Adam	University of Maryland at College Park, USA	ICSE 2001
706	Porter, V.	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1998
707	Porter, V.	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	OOPSLA 1997
708	Prechelt, Lutz	University of Karlsruhe, Germany	Metrics 1999
709	Prechelt, Lutz	University of Karlsruhe, DE	WESS 1999
710	Pree, W.	Althammer (U. of Constance, Germany)	IWLSSC/DEXA 1998
711	Proulx, Daniel	Bell Canada	ICSM 1997

	Participant	Organisation	Rencontre
712	Punter	Netherlands	WESS 1999
713	Quilici, Alex	University of Hawaii, USA	IWPC 1999
714	Rainer, Austen		Metrics 1999
715	Rajlich, Václav	Wayne State University, Detroit, MI, USA	ICSE 2001
716	Rajlich, Václav	Wayne State University, Detroit, MI, USA	ICSM 1997
717	Rajlich, Václav	Wayne State University, Detroit, MI, USA	ICSM 1998
718	Rajlich, Václav	Wayne State University, Detroit, MI, USA	ICSM 2000
719	Rajlich, Václav	Wayne State University, Detroit, MI, USA	IWPC 1999
720	Rakes, Carl	Capital One Services, Inc., Vienna, VA, U.S.A.	OOPSLA 1997
721	Ramage, M.		ICSM 1998
722	Ramil, J. F.	Imperial College, London, UK	Metrics 1998
723	Ramil, J. F.	Imperial College, London, UK	WESS 1998
724	Ramil, J. F.	Imperial College, London, UK	WESS 1999
725	Ramil, J. F.	Imperial College, London, UK	ICSM 1998
726	Ramsey, Norman	University of Virginia (USA)	WCRE 1999
727	Reed, Karl	La Trobe University, Australia	ICSE 2001
728	Reed, Karl	La Trobe University, Australia	WCRE 2000
729	Reed, Sarah J.	Defense Logistics Agency System Design Center (DSDC)	ICSM 1997
730	Reeves, Alyson A.	Center for Computing Sciences (USA)	WCRE 1999
731	Reid	UK	WESS 1999
732	Retschitzegger, Werner	Johannes Kepler University, Linz, Austria	OOPSLA 1997
733	Ricci, J.		ICSM 1998
734	Richner, Tamar	University of Bern (Switzerland)	WCRE 1999
735	Riediger, Volker	University of Koblenz-Landau, Germany	WCRE 2000
736	Riehle, Dirk	Ubilab, Zürich, Switzerland	OOPSLA 1997
737	Rijssenbrij, D.B.B.	Vrije U., Amsterdam, Netherlands	IWLSSC/DEXA 1998
738	Rilling, D.	Space and Naval Warfare Systems Command (USA)	SES 1996
739	Riva, Claudio	Nokia, Finland	WCRE 2000
740	Rivers, Anthony	Viatec Research, USA	ISSRE 1999
741	Robinson, Tom		Metrics 1999
742	Rodenbach, E.	Schlumberger RPS, Bladel, The Netherlands	Metrics 1998
743	Romano, D.		Metrics 1999
744	Rombach, Dieter	Fraunhofer IESE, Germany	ICSE 2001
745	Rombach, Dieter	Univ. Kaiserslautern, Germany	ISSRE 1999
746	Rombach, Dieter	University of Kaiserslautern, Germany	Metrics 1999
747	Rombach, Dieter	Germany, Fraunhofer IESE	Metrics 2001
748	Roper, Marc	University of Strathclyde, UK	WESS 1999
749	Rosenberg, Jarrett	Sun Microsystems Inc., USA	WESS 1998
750	Rosenberg, Jarrett	Sun Microsystems Inc., USA	WESS 1999

751	Rosenberg, Jarrett	Sun Microsystems Inc., USA	Metrics 1998
752	Rosenberg, L.	Unisys	Metrics 1998
753	Rosenberg, Linda H.	Software Assurance Technology Center, NASA GFC	ICSM 2000
	Participant	Organisation	Rencontre
754	Rosenberg, Linda H.	Unisys Corporation, USA	ISSRE 1999
755	Rosenberg, Linda H.	NASA, USA	Metrics 1999
756	Rosenberg, Linda H.	NASA, USA	Metrics 2001
757	Rosenblum, David	University of California at Irvine, USA	IWLSSC/DEXA 1998
758	Ross, Margaret	Faculty of Systems Engineering, University of Ulster	ICSM 1997
759	Rothermel, Gregg	Oregon State University (USA)	ICSM 1998
760	Rothermel, Gregg	Oregon State University	ICSM 2000
761	Rousseau, S.	SANOFI Recherche, Gentilly, France	Metrics 1998
762	Rugaber, Spencer	Georgia Institute of Technology, USA	ICSE 2001
763	Rugaber, Spencer	Georgia Institute of Technology (USA)	ICSM 1998
764	Rugaber, Spencer	Georgia Institute of Technology, USA	IWPC 1999
765	Rugaber, Spencer	Georgia Institute of Technology, USA	WCRE 2000
766	Runeson, Per	Lund University, Sweden	Metrics 2001
767	Runeson, Per	Lund University, Sweden	WESS 1999
768	Runesson, M.		ICSM 1998
769	Sahni, S.	Microsoft Corp.	Metrics 1998
770	Saiedian, Hossein	University of Nebraska at Omaha, USA	ICSE 2001
771	Sandahl, Kristian	Ericsson Radio Systems, Sweden	Metrics 2001
772	Santhanam, Peter	IBM T. J. Watson Research Center	ISSRE 1999
773	Schäfer, Wilhelm	University of Paderborn, Germany	ICSE 2001
774	Schauer, Reinhard	Université de Montréal	IWLSSC/DEXA 1998
775	Schauer, Reinhard	Université de Montréal, Montreal, Quebec, Canada	OOPSLA 1997
776	Schlesinger, Judith D.	Center for Computing Sciences (USA)	WCRE 1999
777	Schneidewind, Norman F.	Naval Postgraduate School, USA	ICSM 1998
778	Schneidewind, Norman F.	Naval Postgraduate School, USA	ICSM 2000
779	Schneidewind, Norman F.	Naval Postgraduate School, USA	ISSRE 1999

780	Schneidewind, Norman F.	Naval Postgraduate School, USA	Metrics 1998
781	Schneidewind, Norman F.	Naval Postgraduate School, USA	Metrics 1999
782	Schneidewind, Norman F.	Naval Postgraduate School, USA	Metrics 2001
783	Schneidewind, Norman F.	Naval Postgraduate School, USA	WESS 1998
784	Schneidewind, Norman F.	Naval Postgraduate School, USA	WESS 1999
785	Schrank, Mike	MITRE CORPORATION	ICSM 1998
786	Schurr, Andy	University Bw. Munich, Germany	WCRE 2000
787	Schwanke, Robert W.	Siemens Corporate Research, Inc.	ICSM 2000
788	Seaman, Carolyn	University of Maryland	ESSE 1999
789	Seaman, Carolyn	University of Maryland	WESS 1998
	Participant	Organisation	Rencontre
790	Sellink, Alex	University of Amsterdam, The Netherlands	IWPC 1999
791	Shaw, Mary	Carnegie Mellon University, USA	ICSE 2001
792	Shepperd, Martin	Bournemouth University, UK	Metrics 1999
793	Shepperd, Martin	Bournemouth University, UK	Metrics 2001
794	Shepperd, Martin	Bournemouth University, UK	WESS 1999
795	Shinkawa, Y.	IBM Japan	IWLSSC/DEXA 1998
796	Shooman, Marty	Polytechnic Univ., USA	ISSRE 1999
797	Shull, Forrest	University of Maryland, College Park, MD	ICSM 1998
798	Shull, Forrest	University of Maryland, College Park, MD	Metrics 1998
799	Shull, Forrest	University of Maryland, College Park, MD	WESS 1999
800	Sikora, H.	GRZ/RACON, Austria	IWLSSC/DEXA 1998
801	Silberman, Gabriel	IBM Toronto Laboratory, Canada	ICSE 2001
802	Sim, Susan Elliott	University of Toronto, Canada	WCRE 2000
803	Sim, Susan Elliott	University of Toronto, Canada	WESS 1998
804	Simon, Daniel	Universitat Stuttgart, Germany	ICSM 1998
805	Simon, Daniel	Universitat Stuttgart, Germany	WCRE 2000
806	Simon, J-M	AQT, Lyon, France	Metrics 1998
807	Singer, Janice	Software Engineering Group, Institute for Information Technology, National Research Council	ICSM 1998
808	Singer, Janice	Software Engineering Group, Institute for Information Technology, National Research Council	Metrics 1999
809	Singer, Janice	Software Engineering Group, Institute for Information Technology, National Research Council	WESS 1998
810	Singer, Janice A.	Software Engineering Group, Institute for Information Technology, National Research Council	ESSE 1999
811	Sinha, S.		ICSM 1998

812	Situ, Gina	University of Alberta, Canada	WCRE 2000
813	Sivagurunathan, Y.		ICSM 1998
814	Sjøberg, Dag	University of Oslo, Norway	Metrics 2001
815	Slaughter, Sandra	Carnegie Mellon University , USA	WESS 1999
816	Slonim, Jacob	Dalhousie University, Canada	ICSE 2001
817	Slovin, Malcolm	META Group, Inc. (USA)	ICSM 1998
818	Smidts, Carol	Univ. of Maryland, USA	ISSRE 1999
819	Smith, Dennis	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh	ICSE 2001
820	Smith, Dennis	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh	IWPC 1999
821	Smith, Dennis	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh	WCRE 2000
822	Smith, Dennis	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh	WESS 1998
823	Sneed, Harry M.	Software Engineering Service (Germany)	ICSM 1998
824	Sneed, Harry M.	Software Engineering Service (Germany)	WCRE 1999
825	Sneed, Harry M.	Software Engineering Service, Germany	WCRE 2000
826	Soffa, Mary Lou	University of Pittsburgh, USA	ICSE 2001
	Participant	Organisation	Rencontre
827	Sood, Raj	Primary Automation Systems, Process Automation Department, BFC, Dofasco Inc.	ICSM 2000
828	Sorenson, Paul	University of Alberta, Canada	ICSE 2001
829	Sorenson, Paul	CEL Corporation (Canada)	WCRE 1999
830	Soudah, Jamileh	DoD Joint Spectrum Center, USA	Metrics 2001
831	Souder, Tim	Drexel University (USA)	WCRE 1999
832	Spahos, V.		Metrics 1999
833	Stacey, B.	Nortel, Canada	WCRE 2000
834	Stamelos, I.		Metrics 1999
835	Staples, Geoff	Faculty of Systems Engineering, University of Ulster	ICSM 1997
836	Stark, George E.	IBM Global Services, Austin, TX, USA	ICSM 1998
837	Stark, George E.	IBM Global Services, Austin, TX, USA	ICSM 2000
838	Stark, George E.	IBM Global Services, Austin, TX, USA	ISSRE 1999
839	Stark, George E.	IBM Global Services, Austin, TX, USA	Metrics 1999
840	Stark, George E.	IBM Global Services, Austin, TX, USA	WESS 1998
841	Stensrud, Erik	Andersen Consulting, Northbrook, IL	Metrics 1998
842	Stensrud, Erik	Andersen Consulting, Northbrook, IL	Metrics 1999
843	Stevens, Perdita	University of Edinborough, Scotland	WCRE 2000
844	Stirewalt, R. E. Kurt	Michigan State University (USA)	WCRE 1999
845	Stoll, Dieter		Metrics 1999
846	Storey, Margaret-Anne	University of Victoria, Canada	ICSE 2001
847	Storey, Margaret-Anne	University of Victoria, Canada	WCRE 2000
848	Stroulia, Eleni	University of Alberta, Canada	ICSE 2001
849	Stroulia, Eleni	University of Alberta, Canada	WCRE 1999

850	Stroulia, Eleni	University of Alberta, Canada	WCRE 2000
851	Succi, Giancarlo	University of Alberta, Canada	ICSE 2001
852	Sullivan, K.	University of Virginia	Metrics 1998
853	Systa, Tarja	Tampere University of Technology, Finland	WCRE 1999
854	Systa, Tarja	Tampere University of Technology, Finland	WCRE 2000
855	Szabo, Robert M.	IBM, USA	ISSRE 1999
856	Takada, Shingo	Keio University, JP	WESS 1998
857	Takada, Shingo	Keio University, JP	WESS 1999
858	Tang, Mei-Huei		Metrics 1999
859	Taramaa, J.	VTT Electronics, Oulu, Finland	Metrics 1998
860	Tateishi, A.	Ruhtra Consulting Services Inc, Canada	WCRE 2000
861	Taylor, Richard N.	University of California at Irvine, USA	ICSE 2001
862	Thomas, William M.	The MITRE Corporation, USA	ICSM 2000
863	Thomson, Judi	University of Alberta, Canada	WCRE 2000
864	Tichelaar, Sander	University of Berne, Switzerland	WCRE 2000
865	Tilley, Scott R.	University of California at Riverside, USA	ICSE 2001
866	Tilley, Scott R.	Carnegie Mellon University	ICSM 1997
867	Tilley, Scott R.	SEI, Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA, USA	IWLSSC/DEXA 1998
868	Tilley, Scott R.	University of California, Riverside, USA	WCRE 2000
	Participant	Organisation	Rencontre
869	Tip, Frank	IBM T.J. Watson Research Center, USA	ICSE 2001
870	Tittle, John	Computer Sciences Corporation	WESS 1998
871	Tonella, Paolo	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (Italy)	ICSM 1997
872	Tonella, Paolo	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (Italy)	ICSM 1998
873	Tonella, Paolo	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (Italy)	WCRE 1999
874	Tonella, Paolo	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (Italy)	WESS 1998
875	Torii, Koji	Nara Institute of Science and Technology, Japan	ICSE 2001
876	Tornabene, C.	Stanford U., USA	IWLSSC/DEXA 1998
877	Tortorella, Maria	DIIE - University of Salerno	ICSM 1997
878	Tracz, Will	Lockheed Martin Federal Systems, USA	ICSE 2001
879	Tran, John B.	University of Waterloo, Canada	WCRE 2000
880	Trausmuth, Georg	Technical University of Vienna	ICSM 1997
881	Tripp, Leonard	Boeing Commercial Airplane (USA)	SES 1996
882	Trivedi, K.S.	Duke University, USA	ISSRE 1999
883	Tryggeseth, Eirik	Norwegian University of Science and Technology	ICSM 1997
884	Tucker, Karmen	Michigan State University (USA)	WCRE 1999
885	Tzerpos, Vassilios	University of Toronto, Canada	IWLSSC/DEXA 1998

886	Tzerpos, Vassilios	University of Toronto, Canada	WCRE 1999
887	Tzerpos, Vassilios	University of Toronto, Canada	WCRE 2000
888	Uemura, Takuya		Metrics 1999
889	Uvila, J.	Decision Science Assoc.	Metrics 1998
890	Ung, David	The University of Queensland, Australia	WCRE 2000
891	Valett, J.	Q-Labs	Metrics 1998
892	Vallee, Frederique	Mathix, France	Metrics 1999
893	van Deursen, Arie	CWI, The Netherlands	IWPC 1999
894	van Deursen, Arie	CWI, The Netherlands	WCRE 2000
895	Van Emmerik, Mike	University of Queensland, Australia	WCRE 1999
896	Van Emmerik, Mike	University of Queensland, Australia	WCRE 2000
897	van Schagen, E.		ICSM 1998
898	van Solingen, Rini	Schlumberger RPS, Bladel, The Netherlands	Metrics 1998
899	van Solingen, Rini	Schlumberger RPS, Bladel, The Netherlands	Metrics 1999
900	van Solingen, Rini	Fraunhofer IESE, Germany	Metrics 2001
901	van Vliet, Hans	Vrije Universiteit Amsterdam	ICSM 1997
902	van Vliet, Hans	Vrije Universiteit Amsterdam	Metrics 1999
903	van Vliet, J.C.	Vrije U., Amsterdam, Netherlands	IWLSSC/DEXA 1998
904	Vanderdonckt, Jean	Stanford University and RedWhale Software Corp, USA	WCRE 2000
905	Vandergraaf, Jennifer		Metrics 1999
906	Vans, A. Marie	Colorado State University	ICSM 1997
907	Vans, A. Marie	Hewlett-Packard, USA	ICSM 1998
908	Vans, A. Marie	Hewlett-Packard, USA	IWPC 1999
	Participant	Organisation	Rencontre
909	Verhoef, Chris	University of Amsterdam, The Netherlands	ICSE 2001
910	Verhoef, Chris	University of Amsterdam, The Netherlands	IWPC 1999
911	Verhoef, Chris	University of Amsterdam, The Netherlands	WCRE 2000
912	Verner, June	Drexel University, USA	ICSE 2001
913	Verner, June	Drexel University, USA	WESS 1999
914	Vessey		WESS 1998
915	Vigder, M.		ICSM 1998
916	Vinson, Norm	National Research Council	Metrics 1999
917	Vinson, Norman	National Research Council Canada	ESSE 1999
918	Vinter, R.	EDS	Metrics 1998
919	Visaggio, Giuseppe	Universita' degli Studi di Bari (Italy)	ICSM 1997
920	Visaggio, Giuseppe	Universita' degli Studi di Bari (Italy)	ICSM 1998
921	Visaggio, Giuseppe	Universita' degli Studi di Bari (Italy)	ICSM 2000

922	Visaggio, Giuseppe	Universita' degli Studi di Bari (Italy)	IWPC 1999
923	Visaggio, Giuseppe	Universita' degli Studi di Bari (Italy)	Metrics 2001
924	Visaggio, Giuseppe	Universita' degli Studi di Bari (Italy)	WCRE 1999
925	Visaggio, Giuseppe	Universita' degli Studi di Bari (Italy)	WCRE 2000
926	Vliet, H.		ICSM 1998
927	Voas, Jeffrey M.	Reliable Software Technologies Corporation	ICSM 1998
928	Voas, Jeffrey M.	Reliable Software Technologies Corporation	ICSM 2000
929	Voas, Jeffrey M.	Reliable Software Technologies Corporation	ISSRE 1999
930	Vogel, Andreas	Visigenic, San Mateo, CA, USA	IWLSSC/DEXA 1998
931	Vokolos, F.		ICSM 1998
932	Voldner, P.	Bell Sygma (Canada)	SES 1996
933	von Mayrhauser, Anneliese	Colorado State University, USA	ICSM 1997
934	von Mayrhauser, Anneliese	Colorado State University, USA	ICSM 1998
935	von Mayrhauser, Anneliese	Colorado State University, USA	ICSM 2000
936	von Mayrhauser, Anneliese	Colorado State University, USA	ISSRE 1999
937	von Mayrhauser, Anneliese	Colorado State University, USA	IWPC 1999
938	von Mayrhauser, Anneliese	Colorado State University, USA	Metrics 1999
939	von Mayrhauser, Anneliese	Colorado State University, USA	Metrics 2001
940	von Mayrhauser, Anneliese	Colorado State University, USA	WESS 1998
941	Votta, Lawrence G.	Lucent Technologies, Bell Labs	ESSE 1999
942	Votta, Lawrence G.	Lucent Technologies, Bell Labs	Metrics 1998
943	Votta, Lawrence G.	Lucent Technologies, Bell Labs	WESS 1998
	Participant	Organisation	Rencontre
944	Vouk, Mladen A.	North Carolina State Univ., USA	ISSRE 1999
945	Walenstein, A. E.	Simon Fraser University, Canada	WCRE 2000
946	Walton, Gwendolyn H.	University of Central Florida, USA	Metrics 1999
947	Ward, Martin	Software Migrations Ltd. UK	WCRE 2000
948	Ward, Martin P.	De Montfort University, UK	WCRE 2000
949	Ward, Richard	BT, UK	WESS 1999
950	Waters, Bob	Georgia Institute of Technology (USA)	WCRE 1999
951	Webster, Steve		Metrics 1999
952	Weiss, David M.	Lucent Technologies, USA	ICSE 2001
953	Wells	UK	WESS 1999

954	Wetsch, John	PRC Inc.	SES 1996
955	Weyuker, Elaine	AT&T Labs Research, USA	ISSRE 1999
956	Weyuker, Elaine	AT&T Labs Research, USA	Metrics 2001
957	Weyuker, Elaine	AT&T Labs Research, USA	WESS 1999
958	Weyuker, Elaine J.	AT&T Labs Research, USA	Metrics 1998
959	Weyuker, Elaine J.	AT&T Labs Research, USA	Metrics 1999
960	White, Lee	Case Western Reserve University (USA)	ICSM 1998
961	White, Lee	Case Western Reserve University Dept of EECS, CWRU, Cleveland, Ohio	ICSM 2000
962	Whittaker, James	Florida Tech Uni., USA	ISSRE 1999
963	Wieczorek, Isabella	Fraunhofer IESE, Germany	Metrics 2001
964	Wiederhold, G.	Stanford U., USA	IWLSSC/DEXA 1998
965	Wilde, Norman	University of West Florida (USA)	ICSM 1998
966	Wilkie, F.G.	The University of Ulster, Northern Ireland, United Kingdom	ICSM 2000
967	Wills, Linda	Georgia Institute of Technology, USA	WCRE 1999
968	Wills, Linda	Georgia Institute of Technology, USA	WCRE 2000
969	Wills, Linda	Georgia Institute of Technology, USA	IWPC 1999
970	Wilson, Mark L.	Naval Surface Warfare Center, USA	WCRE 2000
971	Winter, Andreas	University of Koblenz-Landau, Germany	WCRE 1999
972	Winter, Andreas	University of Koblenz-Landau, Germany	WCRE 2000
973	Winter, Bruce	University of Victoria, Canada	WCRE 2000
974	Wohlin, Claes	Lund University, Sweden	ICSM 1998
975	Wohlin, Claes	Lund University, Sweden	ISSRE 1999
976	Wohlin, Claes	Lund University, Sweden	Metrics 1999
977	Wohlin, Claes	Lund University, Sweden	Metrics 2001
978	Wohlin, Claes	Lund University, Sweden	WESS 1999
979	Wolf, A.		ICSM 1998
980	Wolz, Ursula	The College of New Jersey, USA	ICSE 2001
981	Wong, Kenny	University of Alberta, Canada	ICSE 2001
982	Wong, Kenny	University of Alberta, Canada	WCRE 2000
983	Wong, W. Eric	Bellcore, USA	ISSRE 1999
984	Wong, W. Eric	Bellcore, USA	Metrics 1999
985	Woods, Steve	Quackware, Inc., USA	ICSE 2001
	Participant	Organisation	Rencontre
986	Woods, Steven	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh	IWPC 1999
987	Woods, Steven	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh	WCRE 1999
988	Woodward	UK	WESS 1999
989	Wuest, Jürgen	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	OOPSLA 1997
990	Wurthner, Martin	Fraunhofer Einrichtung für Experimentelles, Germany	WCRE 2000
991	Wust, J.	Fraunhofer IESE, Kaiserslautern, Germany	Metrics 1998

992	Yacoub, Sherif		Metrics 1999
993	Yahin, A.		ICSM 1998
994	Yamada, A.	Toshiba Corp., Kanagawa, Japan	Metrics 1998
995	Yang, Hongji	De Montford University, UK	ICSM 1997
996	Yang, Hongji	De Montford University, UK	ICSM 1998
997	Yang, Hongji	De Montford University, UK	ICSM 2000
998	Yang, Hongji	De Montford University, UK	IWPC 1999
999	Yang, Hongji	De Montford University, UK	WESS 1998
1000	Younger, E.J.	Mountjoy Research Centre	ICSM 1997
1001	Yuan, Xiaojing		Metrics 1999
1002	Zanfei, S.	IRST	ICSM 1997
1003	Zedan, H.		ICSM 1998
1004	Zedan, H.		WESS 1998
1005	Zelkowitz, Marvin V.	University of Maryland/Fraunhofer Center	Metrics 1999
1006	Zelkowitz, Marvin V.	University of Maryland/Fraunhofer Center	Metrics 2001
1007	Zhang, Yan	Universitat Stuttgart, Germany	WCRE 2000
1008	Zhuo, J.	Microsoft Corp.	Metrics 1999
1009	Zvegintzov, Nicholas	Software Management Network, Staten Island NY, USA	ICSM 1997
1010	Zvegintzov, Nicholas	Software Management Network, Staten Island NY, USA	WESS 1998

Annexe E

Liste des organisations liées aux rencontres auxquelles est associé Bruno Laguë

	Organisation	Nombre de membres de l'organisation	Nombre de conférences où le nom de l'organisation apparaît
1	Bell Canada	4	16
2	Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA	12	11
3	Universita di Bari, Italy	4	11
4	Nortel Networks	9	10
5	Fraunhofer Institute for Experimental Software Engineering (IESE) Kaiserslautern, Germany	13	9
6	Colorado State University, USA	4	9
7	IBM	11	8
8	University of Maryland	10	8
9	Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (Italy)	7	8
10	Lucent Technologies, Bell Laboratories, USA	7	8
11	AT&T Labs - Research, USA	4	8
12	Ecole Polytechnique de Montreal, Canada	4	8
13	Naval Postgraduate School, USA	1	8
14	Florida Atlantic University (USA)	4	7
15	Universita di Sannio, Roma, Italia	4	7
16	Vrije Universiteit, Amsterdam, Netherlands	4	7
17	University of Waterloo, Canada	10	6
18	University of Durham, UK	7	6
19	Universita di Napoli, Italia	6	6
20	National Research Council, Software Engineering Group, Institute for Information Technology, Canada	4	6
21	De Montford University, UK	3	6
22	NASA	3	6
23	Politecnico di Milano, Milano, Italia	3	6
24	Georgia Institute of Technology, USA	6	5
25	University of Queensland, Australia	6	5
26	Imperial College, London (UK)	4	5
27	University of Idaho (USA)	4	5
28	University of Toronto, Canada	4	5
29	META Group, Inc. (USA)	3	5
30	Lund University, Sweden	2	5
31	Loyola College in Maryland, USA	1	5
32	Systems/Software, Inc., USA	1	5
33	Wayne State University, Detroit, MI, USA	1	5
34	Universitat Stuttgart, Germany	7	4

35	University of Bern (Switzerland)	7	4
36	University of Victoria, Canada	6	4
	Organisation	Nombre de membres de l'organisation	Nombre de conférences où le nom de l'organisation apparaît
37	Technical University of Vienna, Austria	4	4
38	Drexel University, USA	3	4
39	University of Keele, UK	3	4
40	University of Ottawa, Canada	3	4
41	University of Southampton, Southampton, UK	3	4
42	Hewlett-Packard, USA	2	4
43	Naval Surface Warfare Center	2	4
44	Sun Microsystems Inc., USA	2	4
45	Université de Montréal	2	4
46	University of Alberta (Canada)	8	3
47	Lockheed Martin, USA	4	3
48	Bellcore, USA	3	3
49	MITRE CORPORATION	3	3
50	RedWhale Software Corp, USA	3	3
51	Reliable Software Technologies Corporation	4	3
52	Software Management Network (USA)	3	3
53	University of Virginia	3	3
54	VTT Electronics, Oulu, Finland	3	3
55	CRIM, Montreal, Quebec, Canada	2	3
56	Semantic Designs, Inc. USA	2	3
57	University of Amsterdam, The Netherlands	2	3
58	University of Pittsburgh, USA	2	3
59	University of Strathclyde, UK	2	3
60	Bournemouth University, UK	1	3
61	Carleton University, Department of Systems and Computer Engineering, Ottawa, Canada	1	3
62	Mitretek Systems, USA	1	3
63	Norwegian School of Management, Norway	1	3
64	Politecnico di Torino, Torino, Italy	1	3
65	Portland State University, USA	1	3
66	Software Engineering Service, Germany	1	3
67	University of California at Davis, USA	1	3
68	University of Manchester IST, Manchester, UK. Department of Computation	1	3
69	University of New South Wales, Australia	1	3
70	University of California at Irvine, USA	3	3
71	University of Ulster	5	2
72	Computer Sciences Corporation, Lanham, MD	4	2
73	Microsoft Corp.	4	2
74	University of Koblenz-Landau, Germany	4	2
75	Arizona State University, USA	3	2

76	Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA	3	2
77	Queen's University, Kingston, Ontario, Canada	3	2
78	West Virginia University, USA	3	2
	Organisation	Nombre de membres de l'organisation	Nombre de conférences où le nom de l'organisation apparaît
79	CISTEL, Canada	2	2
80	CWI, The Netherlands	2	2
81	DePaul University, Chicago, IL, USA	2	2
82	Ericsson	2	2
83	Georgia State University, USA	2	2
84	McGill University, Canada	2	2
85	Q-Labs	2	2
86	Schlumberger RPS, Bladel, The Netherlands	2	2
87	Tampere University of Technology, Finland	2	2
88	Ubilab, Zürich, Switzerland	2	2
89	University of Otago, Dunedin, New Zealand	2	2
90	University of Salerno, Italy	3	2
91	Andersen Consulting, Northbrook, IL	1	2
92	Australian Defence Force, Canberra, Australia	1	2
93	Case Western Reserve University Dept of EECS, CWRU, Cleveland, Ohio	1	2
94	Goldsmiths College, UK	1	2
95	InfoSci Inc. Menlo Park CA	1	2
96	Keio University, JP	1	2
97	La Trobe University, Australia	1	2
98	McCabe and Assoc.	1	2
99	OMT Associates Inc, USA	1	2
100	ORACLE (Brazil)	1	2
101	Oregon State University (USA)	1	2
102	Purdue University, USA	1	2
103	Tennessee Technological University	1	2
104	Unisys Corporation, USA	1	2
105	University of California at Riverside, USA	1	2
106	University of Dortmund, Germany	1	2
107	University of Karlsruhe, DE	1	2
108	University of Magdeburg, Allemagne	1	2
109	University of Paris 8 (France)	1	2
110	Universidade de Sao Paulo, ICMSC Brésil	4	2
111	Universitat Kaiserslautern, Germany	1	2
112	Clemson University, SC	5	1
113	Stanford University, USA	5	1
114	Université du Québec à Montréal	4	1
115	Nippon Telephone and Telegraph Corporation, Musashino Research and Development Center	3	1
116	Auburn University, USA	3	1

117	Michigan State University (USA)	3	1
118	Systor AG, Basel, Switzerland	3	1
119	Technion, Haifa, Israel	3	1
120	Toshiba Corp., Kanagawa, Japan	3	1
	Organisation	Nombre de membres de l'organisation	Nombre de conférences où le nom de l'organisation apparaît
121	University of Brighton, UK	3	1
122	(US) Defense Logistics Agency System Design Center (DSDC)	2	1
123	Center for Computing Sciences (USA)	2	1
124	Consorzio Corinto	2	1
125	Decision Science Assoc.	2	1
126	Fannie Mae Corporation	2	1
127	Independent Consultant, USA	2	1
128	Johannes Kepler University, Linz, Austria	2	1
129	Korea Advanced Institute of Science & Technology (KAIST), Taejon, Korea	2	1
130	LAAS-CNRS, France	2	1
131	Norwegian University of Science and Technology	2	1
132	Pontificia Universidade Catolica do Rio de Janeiro (Brazil)	2	1
133	SANOFI Recherche, Gentilly, France	2	1
134	University College London, UK	2	1
135	University of California at Berkeley, USA	2	1
136	University of Hertfordshire, Hatfield, UK	2	1
137	University of Paderborn, Germany	2	1
138	University of Southwestern Louisiana (USA)	2	1
139	University of Zürich, Switzerland	2	1
140	USC Information Sciences Institute (USA)	2	1
141	Alcatel, Belgium	1	1
142	AQT, Lyon, France	1	1
143	Bell Sygma (Canada)	1	1
144	Boeing Commercial Airplane (USA)	1	1
145	British Telecommunications (BT), UK	1	1
146	BTG Inc., Delta Research Corp. (USA)	1	1
147	Cairo University	1	1
148	Capital One Services, Inc., Vienna, VA, U.S.A.	1	1
149	Catholic University of Brasilia, Brazil	1	1
150	CEL Corporation (Canada)	1	1
151	International Center for Software Technology (CITS), Brazil	1	1
152	CNET	1	1
153	Columbia University, USA	1	1
154	Concordia University, Montreal, Quebec, Canada	1	1

155	Coopers & Lybrand Consulting, Fairfax, VA	1	1
156	Consorzio Campano di ricerca per l'informatica e l'automazione industriale (CRIA), Italy	1	1
157	Dalhousie University, Canada	1	1
158	Datamax, France	1	1
159	DoD Joint Spectrum Center, USA	1	1
160	Drager Medical Technology, Best, The Netherlands	1	1
	Organisation	Nombre de membres de l'organisation	Nombre de conférences où le nom de l'organisation apparaît
161	DST Systems, USA	1	1
162	Duke University, USA	1	1
163	EDS	1	1
164	ENEA, Italy	1	1
165	Escom, UK	1	1
166	Feng Chia University	1	1
167	Flinders University, Australia	1	1
168	Florida Tech Uni., USA	1	1
169	George Mason University, USA	1	1
170	Georgia Institute of Computing (USA)	1	1
171	GRZ/RACON, Austria	1	1
172	GTE Internetworking, Columbia, MD	1	1
173	Hiroshima City Univ., Japan	1	1
174	Humans and Technology, Salt Lake City, Utah, U.S.A.	1	1
175	Illinois Institute of Technology, USA	1	1
176	INESC / Lisbon New University, Portugal	1	1
177	INSEAD, France	1	1
178	Institute for System Programming, Russia	1	1
179	Joint Group on Systems Engineering (DoD?)	1	1
180	Kestrel Institute, USA	1	1
181	LCIS-ESISAR/INPG, France	1	1
182	Linkoping University (Sweden)	1	1
183	LSR IMAG, France	1	1
184	Mathix, France	1	1
185	Michigan Technological University, USA	1	1
186	Mitel Corporation	1	1
187	MMHQ, Ltd.	1	1
188	Monash University	1	1
189	Mountjoy Research Centre (Durham University Sceince Park), UK	1	1
190	Mummert + Partner Unternehmensberatung AG, Germany	1	1
191	Nara Institute of Science and Technology, Japan	1	1
192	National University of Singapore	1	1

193	Naval Research Lab, USA	1	1
194	NexusWorldNet, UK	1	1
195	Niigata Institute of Technology, Japan	1	1
196	Nokia, Finland	1	1
197	North Carolina State Univ., USA	1	1
198	Northern Illinois University, USA	1	1
199	NSF (USA)	1	1
200	O. Group (Italy)	1	1
201	Oakwood Computing , UK	1	1
	Organisation	Nombre de membres de l'organisation	Nombre de conférences où le nom de l'organisation apparaît
202	Objectif Technologie, France	1	1
203	Ohio State University (USA)	1	1
204	Olivetti Information Services (Italy)	1	1
205	ONERA CERT, France	1	1
206	Ontario Hydro	1	1
207	Paderborn University, Germany	1	1
208	PaineWebber Inc.	1	1
209	Paton System Design	1	1
210	Polytechnic Univ., USA	1	1
211	PRC Inc.	1	1
212	Primary Automation Systems, Process Automation Department, BFC, Dofasco Inc.	1	1
213	Princeton University (USA)	1	1
214	Quackware, Inc., USA	1	1
215	Rho Transformations, Australia	1	1
216	Ruhtra Consulting Services Inc, Canada	1	1
217	Rutgers University, USA	1	1
218	SELA Labs, Israel	1	1
219	SELAM (LMAGL) DSA	1	1
220	Shared Objectives, The Netherlands	1	1
221	Siemens Corporate Research, Inc.	1	1
222	Simon Fraser University, Canada	1	1
223	Software Migrations Ltd. UK	1	1
224	Software Productivity Consortium, FL, USA	1	1
225	SOGEL, Rome, Italy	1	1
226	South Bank University, UK	1	1
227	Southeast University, Nanjing, P. R. of China	1	1
228	Space and Naval Warfare Systems Command (USA)	1	1
229	SPRE, Inc.	1	1
230	Sterling Software, USA	1	1
231	Storage Technology Corporation, USA	1	1

232	Swinburne University of Technology, Centre for Object Technology Applications and Research (COTAR), Sydney, Australia	1	1
233	Technical Software Services (USA)	1	1
234	TECHSOFT, Inc.	1	1
235	Telsoft Ventures Inc.	1	1
236	TeraQuest Metrics, USA	1	1
237	The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong	1	1
238	The College of New Jersey, USA	1	1
239	Total Metrics	1	1
240	Treasury Board of Canada Secretariat (Canada)	1	1
241	Tsukuba University, Japan	1	1
242	UFSCar, Brazil	1	1
243	Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil	1	1
244	Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, Spain	1	1
245	University Bw. Munich, Germany	1	1
246	University of Alabama, Huntsville, AL, U.S.A	1	1
247	University of Antwerp, Belgium	1	1
248	University of Central Florida, USA	1	1
249	University of Constance, Althammer, Germany	1	1
250	University of Edinburgh, Scotland	1	1
251	University of Firenze, Italy	1	1
252	University of Florence	1	1
253	University of Hawaii, USA	1	1
254	University of Klagenfurt, Austria	1	1
255	University of Linz, Austria	1	1
256	University of Michigan, USA	1	1
257	University of Namur, Belgium	1	1
258	University of Nebraska at Omaha, USA	1	1
259	University of Oslo, Norway	1	1
260	University of Pretoria, South Africa	1	1
261	University of Reading, UK	1	1
262	University of Texas at Austin, USA	1	1
263	University of Vienna, Austria	1	1
264	University of Washington, USA	1	1
265	University of West Florida (USA)	1	1
266	UT-Dallas, USA	1	1
267	Viatec Research, USA	1	1
268	Virginia Commonwealth University, USA	1	1
269	Visigenic, San Mateo, CA, USA	1	1
270	Waseda University, Japan	1	1
	Organisations	Nombre de membres de l'organisation	Nombre de conférences où le nom de l'organisation apparaît

271	Waterloo Hydrogeologic, Inc., Waterloo, Ontario, Canada	1	1
272	Weyerhaeuser (Flint River Operations)	1	1
273	xenium AG, Sustainable Software Systems, Muenchen, German	1	1