



HAL
open science

Régimes et changements structurels : essais d'économie historique

Denis Phan

► **To cite this version:**

Denis Phan. Régimes et changements structurels : essais d'économie historique. Economies et finances. Université d'Orléans, 2002. Français. NNT : . tel-03657063

HAL Id: tel-03657063

<https://hal.science/tel-03657063>

Submitted on 2 May 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THESE
PRESENTEE
A L'UNIVERSITE D'ORLEANS
POUR OBTENIR LE GRADE DE
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'ORLEANS

Discipline : Sciences Economiques

par

Denis PHAN

REGIMES ET CHANGEMENTS STRUCTURELS.
ESSAIS D'ECONOMIE HISTORIQUE

Tome I

Soutenue le : 24 mai 2002

MEMBRES DU JURY :

Nicolas CURIEN, Professeur au CNAM, rapporteur

Pascal PETIT, Directeur de Recherches au CNRS, rapporteur

Paul BOURGINE, Chercheur au CREA (CNRS - Ecole Polytechnique)

Pierre Cyrille HAUTCOEUR, Professeur à l'Université d'Orléans

Alan KIRMAN, Professeur à l'Université d'Aix-Marseille III, Institut
Universitaire de France, Directeur d'études à l'EHESS.

Jean-Paul POLLIN, Professeur à l'Université d'Orléans

Cyrille PIATECKI, Professeur à l'Université d'Orléans, directeur de recherche

Une partie de ces travaux a été réalisée à
l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne.



THESE
PRESENTEE
A L'UNIVERSITE D'ORLEANS
POUR OBTENIR LE GRADE DE
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'ORLEANS

Discipline : Sciences Economiques

par
Denis PHAN

REGIMES ET CHANGEMENTS STRUCTURELS.
ESSAIS D'ECONOMIE HISTORIQUE

Tome I

Soutenue le : 24 mai 2002

MEMBRES DU JURY :

Nicolas CURIEN, Professeur au CNAM, rapporteur
Pascal PETIT, Directeur de Recherches au CNRS, rapporteur
Paul BOURGINE, Chercheur au CREA (CNRS - Ecole Polytechnique)
Pierre Cyrille HAUTCOEUR, Professeur à l'Université d'Orléans
Alan KIRMAN, Professeur à l'Université d'Aix-Marseille III, Institut
Universitaire de France, Directeur d'études à l'EHESS.
Jean-Paul POLLIN, Professeur à l'Université d'Orléans
Cyrille PIATECKI, Professeur à l'Université d'Orléans, directeur de recherche

Une partie de ces travaux a été réalisée à
l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne.

L'Université d'Orléans n'entend donner aucune approbation
ni improbation aux opinions émises dans les thèses ;
elles doivent être considérées comme
propres à leurs auteurs.

THESE
PRESENTEE
A L'UNIVERSITE D'ORLEANS
POUR OBTENIR LE GRADE DE
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'ORLEANS

Discipline : Sciences Economiques

par

Denis PHAN

REGIMES ET CHANGEMENTS STRUCTURELS.
ESSAIS D'ECONOMIE HISTORIQUE

Tome I

Je dédie cette thèse à mon épouse, **Annick** sans laquelle rien n'aurait été possible, à mes enfants, **Alice** et **Aurélien**, à ma **mère** et à la mémoire de mes **grands parents**

La mémoire de **Jean Bouvier**, professeur d'histoire économique et chercheur exemplaire, demeure présente à mon esprit, et a inspiré mes travaux et mon éthique de chercheur.

Je dédie également cette thèse (en particulier son premier chapitre) à **Robert Boyer**, dont les travaux ont beaucoup contribué aux premières étapes de ma formation intellectuelle.

Cyrille Piatecki a accepté la rude tâche de diriger les travaux d'un collègue un peu plus âgé que lui. Je lui exprime ici toute ma gratitude, en particulier pour sa disponibilité ainsi que pour les encouragements et la stimulation intellectuelle qu'il n'a cessé de me prodiguer. Je remercie au passage son épouse Camille pour sa gentillesse et sa patience.

Je remercie les membres de mon jury de n'avoir pas décliné la punition de me lire.

A **Nicolas Curien** pour ses travaux qui m'ont fait découvrir l'économie des télécommunications, qui m'ont inspiré pour les chapitre deux et trois, en le remerciant de sa dédicace très indulgente sur son livre « *Economie des télécommunications* » co-écrit avec Michel Gensollen, que je remercie personnellement plus loin.

A **Pascal Petit**, mentor et co-auteur de quelques travaux (qui ne sont pas présentés ici), à qui je sais gré de son accompagnement décisif pendant quelques années, comme de sa conception ouverte de la théorie de la régulation.

A **Paul Bourguin**, sans lequel *Moduleco* n'existerait pas, je dédie le chapitre quatre, en souhaitant qu'il continue longtemps à faire partager sa « vision », à découvrir des talents et à agiter des idées.

Une partie des travaux présentés ici n'auraient peut être pas été publiés si **Jean Paul Pollin** n'avait pas assuré la Direction de la Recherche de l'ENSPTT. Je le remercie encore pour son intérêt et ses stimulations.

Pierre Cyrille Hautcoeur représente du point de vue de *l'homo academicus* français *l'économiste historien idéal* : normalien, agrégé d'histoire et professeur agrégé d'économie : qui dit mieux ?

A **Alan Kirman**, toute mon admiration et ma gratitude pour avoir accepté de suivre le long itinéraire qui mène de l'histoire économique et de la théorie de la régulation à la formalisation des *marchés* comme « *systèmes cognitifs complexes* ».

J'ajoute une mention (œcuménique) pour deux chercheurs qui ont bien voulu me consacrer un peu de temps et pour lesquels (pour des raisons à l'évidence différente) j'éprouve une grande admiration : **André Orléan**, *précurseur* de bien des thèmes présentés ici et **Jean Jacques Laffont**, qui m'a encouragé et conseillé afin de poursuivre certains travaux ébauchés au chapitre trois, mais qui s'éloignent peut être un peu trop de ma problématique principale pour que j'y consacre un temps suffisant.

Je remercie toutes les collègues avec qui j'ai co-signé des textes et qui ont donc contribué à certains des travaux présentés ici : **Armelle Beunardeau**, **Pascal Petit**, **Eric Brousseau**, **Godefroy Dang Nguyen**, **Hanna Kontkiewicz-Chachulska**, **Maurice Baslé**, **Achileas Kemos**, **Olivier Léon**, **Thierry Sommer**, **Christian Genthon**, **Nicolas Jullien**, **Lise Rochaix**, **Benoit Leloup**.

Bien que la page de remerciements précédente soit déjà bien longue, il me paraît important de mentionner des enseignants, chercheurs et collègues qui ont plus particulièrement compté pour moi, soit par la contribution qu'ils ont apportée à ma formation intellectuelle, soit par l'aide qu'ils ont fournie au quotidien ou à l'occasion d'un projet particulier.

Je voudrais d'abord mentionner les membres des groupes de recherche auquel j'ai participé : le *groupe de travail sur la dynamique du changement technique*, animé par Robert Boyer et Pascal Petit, en particulier **Frédéric Lordon** et **Dominique Guellec** avec qui j'ai eu des échanges de vues passionnants dont on trouve des traces dans cette thèse, puis les collègues de *METIC*, en particulier parmi les membres fondateurs qui n'ont pas déjà été cités : **Alain Rallet**, **Philippe Moati** et **El Mouhoub Mouhoud**, **Bertrand Quelin**, **Pierre Vialle**. Plus récemment les membres de mon laboratoire, l'ICI (Information Coordination, Incitation) commun à l'ENST de Bretagne et à l'Université de Bretagne Occidentale, à commencer par ses deux directeurs successifs, **Lise Rochaix** et **Pierre Baranger**, avec une mention particulière pour **Hervé Thouément**, avec qui j'ai organisé cinq colloques d'économie publique et qui cherche également, à sa manière à faire de *l'économie historique*. Plus récemment, dans le cadre de mon projet « *choix individuel et interactions multiagents sur des réseaux* », j'ai eu le plaisir de travailler en particulier avec **Jean Pierre Nadal** de l'ENS d'Ulm et **Patrick Epingard** de l'INT ainsi que d'autres collègues déjà cités.

Pour terminer, je mentionnerai des discussions ou des collaborations ponctuelles. Nous avons formé avec **Claude Didry** le projet de travailler sur les institutions de conciliation et d'arbitrage sous le Front populaire. Suite à ma défaillance il a dû réaliser seul une partie de ce projet. J'espère que ce n'est que partie remise. **Marie Hélène Jeanneret**, m'a donné ma première formation en « *nouvelle économie industrielle* » et **Jean Michel Glachant**, expert électrique, a guidé mes premiers pas chez les *néo-institutionnalistes*. **Thomas Vallée**, **Murat Yildizoglu** ont bien voulu m'apporter leurs lumières sur les algorithmes génétiques et discuter avec moi de simulation et de mille autres choses. Je remercie aussi particulièrement **Nigel Gilbert** et **Marco Valente**, **Luigi Marengo**, **Corrado Pasquali** qui m'ont accueilli respectivement au Royaume Uni (Université de Guilford) et en Italie (Université de Trento) pour développer *Moduleco*

Une pensée également pour quelques uns des *thésards* dont on m'a confié la charge soit à *France Télécom* (**Thierry Sommer** déjà cité), soit à l'ENST de Bretagne : **Patricia Lodier**, **Stephane Saussier**. Ils m'ont peut être appris autant que j'ai pu leur apprendre, en particulier Stephane, qui est maintenant professeur agrégé.

Je voudrais remercier également ici tous les enseignants qui ont contribué à ma formation intellectuelle et que je cite par ailleurs (dans mon *itinéraire intellectuel*). Parmi ceux-ci, je voudrais remercier une seconde fois **Elisabeth Du Réau** à laquelle je dois une note incroyable à l'Examen Spécial d'Entrée à l'Université (ESEU) en 1979, **Jean Paul Bertaud**, qui sait faire *revivre* sans culottes et jacobins dans les amphes de la Sorbonne ; **Georges Bensaïd**, qui a joué un rôle clef dans ma trajectoire personnelle ; **Jerôme Lallemand** qui m'a supporté en TD en licence et en maîtrise d'économie ; **Claude Ménard**, et **Hubert Brochier** qui m'a accueilli dans son DEA ; les enseignants du *Centre d'Etudes des Programmes Economiques* (CEPE), en particulier **Alain Trognon** qui m'a vraiment fait découvrir ce qu'économétrie voulait dire et **Bernard Walliser** qui ma donné (mieux vaut tard que jamais) mon premier vrai cours de microéconomie, et finalement **Bernard Guerrien** dont j'ai longtemps assuré les TD de mathématiques et de Microéconomie à Paris I-Tolbiac.

Je remercie les collègues de travail dont les connaissances et les discussions m'ont stimulé dans mes différentes affectations : *ceux de l'Institut National de Gestion de la Poste*, en particulier **Jean Michel Ravetlat**, maintenant Administrateur des PTT ; *ceux de l'ENSPTT et de l'ENA*, en particulier l'équipe avec laquelle j'ai réalisé le rapport sur la libéralisation au Royaume Uni, **Armelle Beunardeau**, **Yan Guelaff** et **Dominique Villeneuve** ; les membres du séminaire de l'ENA qui m'ont laissé présenter un modèle macroéconomique sur 13 pages, alors que de nombreuses personnes leur ont dit que c'était folie de me laisser faire cela, que nous aurions la plus mauvaise note... et nous avons eu la meilleure ! Il s'agit en particulier **Stephane Sellier**, (maintenant Administrateur au Trésor) et **François Langois** (dans le corps préfectoral) ; une mention également pour mon camarade finistérien **Jacques Maire**. Je remercie également deux grands visionnaires que j'ai rencontré à la *Commission des Communautés Européennes*, à Bruxelles et qui m'ont beaucoup appris sur les télécommunications : **Herbert Ungerer** qui m'a accueilli en stage dans son service de la DG XIII, et **Alain Vallée**, qui représentait la France dans un groupe d'experts. Il y a eu ensuite ceux de France Télécom : SPES, puis Direction de la stratégie, en particulier **Michel Treheux**, autre visionnaire, **Robin Eddi**, **Alain Busson**, **Joseph Montlouis** et tous les autres. Ainsi que **Michel Gensollen** dont le site Internet contient de petites merveilles. Enfin, il y a tous ceux de l'ENST de Bretagne, trop nombreux pour être tous cités, je me limiterai donc à *ceux avec qui je travaille au quotidien* : **Antoine Beugnard**, **Benoit Leloup**, **Roger Waldeck**, avec une mention pour ceux qui sont partis ailleurs, en particulier **Thierry Penard** et **Bénédicte Branchet**.

Une mention spéciale pour les Directeurs des établissements où je me trouvais qui m'ont offert des facilités de travail : le **Directeur de l'ING Guy Degait** et son Chef, **M. Rameau**, qui ont financé la moitié de ma formation au CEPE ; le *Directeur de la Recherche de l'ENSPTT*, **Jean Paul Pollin** déjà mentionné, **Francis Jutand** qui a financé au CNET les premiers pas de *Moduleco*, et **Bernard Ayraud**, Directeur de l'ENST de Bretagne, qui m'a libéré pour trois mois au moment crucial du bouclage de la thèse.

Je ne voudrais pas oublier les secrétaires, documentalistes et bibliothécaires et le personnel administratif sans lesquels la vie de l'enseignant-chercheur serait un enfer. Parmi les personnes de cette catégorie, par ordre chronologique, un coup de chapeau aux secrétaires du CEPREMAP **Jacqueline Jean** et **Catherine Bluchetin**, **Christine Delage** à l'ICI et pour l'ENST de Bretagne à **Nicole l'Hopital** et **Martine Gac** , aux collègues de *l'inspection des études*, en particulier **Francine Laurent**, à ceux de la *bibliothèque*, de la *logistique informatique*, des *transports*, de la *reprographie*...

La période de bouclage de la thèse a été particulièrement difficile pour des raisons externes au travail de recherche lui-même. Je mentionnerai pour finir des collègues qui m'ont apporté un soutien moral particulièrement bienvenu : **Gabrielle Landrac**, **Annie Gravey**, auxquelles j'ajoute (une seconde fois) **Antoine Beugnard**, **Benoit Leloup**, **Roger Waldeck**, qui ont en plus consacré un peu de leur temps à lire et à commenter mon travail.

Enfin, parmi les amis extérieurs aux économistes, deux chercheurs respectivement à l'INSERM et au CNAM se sont inquiétés de l'avancement de ma thèse durant ces années : **Claude Jacques** et **Patrick Juncar**. Une pensée également pour les deux amis que j'ai gardé de ma période universitaire : **Jean François Plas**, agrégé d'économie & sciences sociales et **Philippe Rollin**, cadre à la SNCF (il a toujours aimé les petits trains).

Régimes et changements structurels. Essais d'économie historique

par

Denis PHAN

Résumé.

La thèse s'organise autour d'une mise en perspective de travaux « *d'économie historique appliquée* » publiés ou présentés dans les dix dernières années : six articles publiés dans des revues à comité de lectures, des contributions à des ouvrages collectifs et travaux d'édition, un livre sur l'économie des télécommunications et de l'Internet et diverses contributions (inédites) à des colloques ou des conférences internationales. Ces travaux portent sur des industries aussi diverses que l'industrie automobile, les télécommunications ou l'informatique. Ces industries peuvent être appréhendées comme des *systèmes technico-économiques ouverts* (c'est à dire qui interagissent avec leur environnement). L'étude économique de ces industries procède généralement par abstraction d'un certain nombre de relations stylisées qui forment elles même un système (le modèle) et sont supposées être suffisantes à la compréhension des caractéristiques économiques (comme la formation des prix, ou la dynamique de croissance du produit) du système global.

Deux situations sont envisagées. Selon une première perspective, on désigne par « *régime* » *une représentation théorique contingente, historiquement repérable, d'une configuration technique, institutionnelle et organisationnelle suffisamment stable pour que ses caractéristiques économiques puissent être étudiées indépendamment des conditions de leur genèse*. La caractérisation d'un régime procède soit d'une démarche qualitative comme la description des principes de « *l'ancien régime des télécommunications* » soit d'une formalisation explicite comme équilibre d'un modèle standard spécifique, historiquement situé (régime d'organisation technico-économique du Minitel, ou modèle de régulation incitatif de l'interconnexion lors de l'ouverture d'un monopole à la concurrence).

Une seconde perspective porte sur la *dynamique des structures* ; elle concerne la majorité des travaux considérés. On étudie alors théoriquement les conditions (historiques) d'un changement de régime, sous ses dimensions institutionnelles, organisationnelles ou encore technico-économiques. A côté de nombreuses études de cas, on propose un essai de réflexion méthodologique plus général sur *l'analyse historico-économique de l'évolution des systèmes technico-économiques industriels* : conditions historiques d'émergence structurelle (*morphogenèse*) et de stabilisation du système (*morphostase*) propriétés génériques et spécifiques du système stabilisé (*régime*) et épuisement ou effondrement ultérieur (*crise*).

Initiés à partir d'une perspective à la fois historique et macroéconomique, les travaux présentés ici évoluent vers une dimension sectorielle plus marquée (économie industrielle), pour finalement aboutir à un projet d'étude économique et micro-structurelle de marchés spécifiques. Considéré dans un premier temps sous l'angle de l'équilibre ou du régime d'évolution d'un (micro) système technico-économique contingent, le marché est finalement perçu comme un *système social cognitif et complexe.*, qui vise une formalisation intégrée de la procédure de choix des agents (y compris la représentation et la révision des croyances), des phénomènes de communication et d'influence sociale, dans le cadre de contraintes institutionnelles contingentes et évolutives.

Pour mieux comprendre cette nouvelle dimension, à la fois cognitive et historique, on propose un nouvel outil de modélisation : la *formalisation multi-agents (en programmation par objet)* avec des représentations graphiques en Unified Modelized Language (UML) de la *communication* et du traitement de l'information par les agents. Dans la pratique, ce programme a été matérialisé par le développement de la plate-forme de simulation Moduleco.

Avertissement au lecteur

Le présent volume présente des travaux de recherche publiés sur une dizaine d'années (1991-2000). Une sélection de ces derniers (une quinzaine) figure dans le Tome II. *Ils constituent en principe l'objet principal de la thèse*. En rédigeant le rapport de présentation (ce volume), nous avons cependant voulu aller *plus loin qu'une simple synthèse*. Nous avons cherché à montrer que malgré le caractère fortement contingent des contributions assez variées présentées ici, une double question de fond a toujours traversé ces recherches, de manière plus ou moins apparente. *Quelle doit être la place de l'histoire dans la théorisation des phénomènes économiques et sociaux ? Comment peut-on théoriser et si possible modéliser l'historicité ?*

Dans ce volume, nous proposons donc une réflexion méthodologique (parfois un peu épistémologique) rétrospective sur les travaux et la démarche suivie. La tension entre la *contingence des conditions de production des travaux* et la *volonté de construire progressivement un programme de recherche* autour des deux questions énoncées ci-dessus n'a pas été sans contradictions, mais celles-ci ont été considérées comme autant de prétextes pour questionner les fondements théoriques, comme le contexte général, dans lesquels la démarche s'est élaborée, autour de plusieurs étapes ou « régimes ».

Ce volume est en quelque sorte à la fois une « *reconstruction raisonnée* » et une « *conclusion ouverture* ». Il vient clore une période passée, mais annonce dans le même temps des développements futurs. Il est donc important de ne pas considérer les développements proposés ici (en, particulier dans les chapitres I et IV) comme le corps de la thèse elle-même, mais plutôt comme une sorte d'introduction - conclusion aux travaux qui sont d'ailleurs pour leur plus grand nombre synthétisés d'une manière (peut être un peu trop) détaillée dans les chapitres II et III, centrés principalement sur *l'économie des marchés des télécommunications*.

Le chapitre I propose des développements méthodologiques centrés sur un seul article, publié en 1991 qui est un concentré de la *tension*, inhérente à notre projet, *entre la narration historique et l'analyse économique*. C'est avec cet article (qui suit un travail macro-économétrique présenté à l'ENA en 1989 qui n'appelle pas de longs commentaires) que l'on peut dater la bifurcation vers la recherche. Il vient clore une longue période de formation (1978-1991), ininterrompue malgré mon entrée dans l'administration comme inspecteur des PTT en 1983. Les développements méthodologiques représentent ce que *je* peux dire aujourd'hui à partir de réflexions toutes postérieures à cet article. Certaines ont été produites parallèlement aux travaux présentés dans le chapitre II, d'autres ont été improvisées durant les deux mois dont j'ai pu disposer pour rédiger ce volume. Elles constituent donc plus des *directions de recherches futures* que des éléments de bilan.

Le chapitre III peut être vu comme un témoin de *formation continuée* en modélisation, un passage obligé pour accéder au chapitre IV. Ce dernier présente le background théorique de la *plate-forme multi-agents MODULECO* conçue en partenariat avec mon collègue informaticien Antoine Beugnard. Si cette plate-forme a été présentée dans plusieurs congrès et dans des Ecoles Thématiques du CNRS, aucun article original n'a encore été publié. Ce chapitre représente une *nouvelle bifurcation*, une manière de « *conclusion ouverture* » et une réponse tardive à la question de la *modélisation des processus historiques*.

Sommaire du Tome I

Introduction générale : plaidoyer pour une *économie historique*

Chapitre 1. De l'histoire économique et de la macroéconomie à l'économie historique : l'exemple de l'industrie automobile et ses enseignements théoriques.

Chapitre 2. Institutions, innovations et changements structurels dans les télécommunications et dans l'informatique : essais d'économie industrielle dans une perspective historique.

Chapitre 3. Du marché comme équilibre d'un *système technico-économique* « *situé* » au marché comme *système social interactif et cognitif complexe*.

Chapitre 4. Changements structurels, interactions multi-agents et *économie historique* : réflexions méthodologiques et présentation de la plate-forme Moduleco

Conclusion : le marché, conçu comme *un système social interactif et cognitif complexe* : un objet idéal pour les investigations « *d'économie historique* »

*

- **Bibliographie**
- **Sommaire détaillé**

Publications et Travaux de Denis Phan reproduits dans le Tome II

1 - Publications reproduites dans le Tome II (1991-2001)

1. « Productivité, emploi et salaires ouvriers chez Renault autour des années 1930 » ; *Le Mouvement social*, N° 154, janvier-mars 1991, p. 63-101. (N° spécial « Paradoxes français de la crise des années 1930 », sous la direction de Robert Boyer)page 15
2. « Dix ans de Libéralisation des services de télécommunications au Royaume-Uni : Un tour d'horizon des changements institutionnels » (avec Armelle Beunardeau) ; *Flux, revue du OGD R Réseaux*, N° 8 avril-Juin 1992, p.17-28.page 77
3. «La Concurrence dans les télécommunications au Royaume-Uni et ses conséquences en Europe» (avec Godefroy Dang Nguyen) ; *Communications et Stratégies*, N°12-4 / 1993, p.51-84. Existe en version anglaise courte (non reproduit) : « Competition in the British Telephony Market». (avec Godefroy Dang Nguyen) in Bohlin E., Granstrand O. (eds.) *The race to European Eminence*, North Holland 1994, p. 51-65.....page 91
4. « Structural Changes in Central European countries' telecommunications industry : an overview » (avec Hanna Kontkiewicz-Chachulska) ; *Communications & Stratégies*, N° 20/4 1995 p. 65-84.page 127
5. « L'ouverture des réseaux de télécommunications : mise en perspective historique et enjeux des évolutions en cours » ; Chapitre 9 de *La mutation des télécommunications des industries et des marchés* ; ENSPTT-Economica. 1996 ; Co-édité avec Eric Brousseau et Pascal Petit.page 155
6. « Service Universel versus Service Public dans le cadre de l'Union Européenne » (avec Maurice Baslé, Achileas Kemos, Olivier Léon) ; *Sciences de la Société* ; N°42 octobre 1997 p. 95-116. Reproduit dans *Problèmes économiques* No 2560, 18 mars 1998, p. 25 à 32, La Documentation Française, Paris.page 223
7. « Apprentissage et diffusion du paradigme «numérique» dans les Technologies de l'Information et de la Communication » ; (avec Godefroy Dang Nguyen) dans : B. Guillon, P. Huard, M. Orillard, J. B. Zimmerman (eds.) ; *Économie de la Connaissance et des Organisations* ; L'Harmattan Paris 1997, p. 177-207.page 247

- 7.bis Version longue, révisée : « Learning and the Diffusion of the «Digital» Paradigm in Information and Communication Technology « avec Godefroy Dang Nguyen) ; : in S. MacDonald, G. Madden (eds.), *Telecommunications and Socio-Economic Development*, Elsevier Science, Publishers, North Holland 1998, p. 275-294.page 285
8. « From Path-Dependent Processes of Structural Change to a Diversity of Market Models in Central European Countries'Telecommunications » (avec Hanna Kontkiewicz-Chachulska) ; in S. MacDonald, G. Madden (eds.), *Telecommunications and Socio-Economic Development*, Elsevier Science, Publishers, North Holland 1998, p. 315-336.page 305
9. « Que peut nous apprendre la théorie des coûts de transaction sur les relations opérateurs - équipementiers dans le secteur des télécommunications ? » ; (avec Thierry Sommer), *Réseaux*, N°8 -1997, p.111-136.page 367
- 9.bis version longue, révisée: « Governance and Technological Change : Transaction Costs in Telco-Equipment Supplier Networks » in : *Convergence in Communications and Beyond*, Edited by E. Bohlin, K. Brodin, A. Lundgren and B. Thorngren, Elsevier Science, Amsterdam 2000, p.141-172.page 393
10. « Les Logiciels Libres : un nouveau modèle ? » (avec Christian Genthon) ; *Terminal* 80/81 N° Spécial « Les logiciels libres, de l'utopie au marché » - L'Harmattan 1999 p.167-188
.....page 427

2 - Travaux inédits présentés dans des colloques reproduits dans le Tome II

11. « The diffusion process of value added services on a telecommunication network : the example of French videotex services on *Kiosque Télétel* » *9th International Telecommunications Society Conference*, 14-17 June 1992, Sophia Antipolis, (36 pages + graphiques).page 449
12. « Des modèles normatifs pour la tarification d'équilibre d'un réseau télématique public multiservices » ; *10^o Journées de microéconomie appliquée* 4-5 Juin 1993, Sfax-Tunisie, (31 p.).page 497
13. « Régulation, asymétrie d'information et externalité de réseau » ; Coll. Rapports de Recherche de l'ENST de Bretagne, RR-95007-ESH, mars 1995, Brest (26 p.).page 521

14. « Régulation, charges d'accès avec asymétrie d'information, et externalité de réseau » ; 12^o journées de microéconomie appliquée, Clermont-Ferrand, 1-3 juin 1995 & I^o Congrès International d'Économie Publique, « Brest 95 », 7-8 septembre 1995, (30 p.).page 549

3 - Travaux de macroéconomie reproduits dans le Tome II

15. « un modèle macroéconomique simple pour la France » (13 p.) Annexe 2 du rapport : « Compétitivité économique et déséquilibres démographique » du groupe de séminaire N° 6, Ecole Nationale d'Administration, promotion Jean Monnet (Beckmann, Coert, Comolet-Tirman, Cremers, Grandjouan, Hougron, Lacaille, Langlois, Phan, Seillier, Sondergaard) juillet 1989. Publié dans : *La population de la France*, Jean-Claude Chesnais (ed.) ; 2 vol. (1063 p.), Ena-Recherche, Futuribles, Paris, 1990.page 581

4 - Publications et travaux cités non reproduits dans l'annexe

4.1. Livre contenant des contributions originales :

Dang Nguyen G., Phan D. (2000) ; *Économie des Télécommunications et de l'Internet* ; collection Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication, Economica.

4.2. Introduction à des ouvrages et des numéros spécial de revues,

Brousseau E., Petit P., Phan D. (eds.) (1996) ; *La mutation des télécommunications des industries et des marchés* ; ENSPTT-Economica. 1996 ; Chapitres 1 à 3 (p. 11 à 132 - il s'agit en particulier du Chapitre 1)

Phan D. Rochaix L. (2000) ; « Economie Publique Appliquée : Présentation générale » Introduction au dossier « Economie Publique Appliquée » ; *Economie & Prévision* N°145 juillet septembre.

Dang Nguyen G., Petit P., Phan D. (eds.) (1997) ; « La Société de l'Information, performances économiques et implications sociales » ; *Communications & Stratégies* N° 28 4-1997 ; tour d'horizon introductif : « Les enjeux économiques de la Société de l'Information », (p. 33-85).

4.3. Communications acceptées et présentées dans des colloques (non publiées)

Bavay F., Dang Nguyen G., Phan D. (1993) ; « An historical perspective of the paradigm shift in the telecommunications industry : from national networking entities toward a network of global firms » ; *ITS conference* Marstrand, Sweden, june & Research Seminar on « Institutional Change and Network Evolution » 16-18 june.

Dang Nguyen G., Phan D. (1993) ; « Analyse de la concurrence entre opérateurs de télécommunications : l'exemple du Royaume Uni » ; *10° Journées de microéconomie appliquée* 4-5 Juin 1993, Sfax-Tunisie

Bavay F., Phan D. (1994) ; « Changements technologiques, rigidités temporelles et formes institutionnelles dans les télécommunications : une perspective historique »; *actes du séminaire interdisciplinaire : Technologie, apprentissage, espace et temps* ; Université Technologique de Compiègne; 24-28 janvier (actes).

Jullien N., Phan D. (1999) ; « From the *Unix world* towards the *Linux communiy* : an historical co-evolutionary perspective on *small worlds* » ; *EAEPE Conference Prague*, november 4-7.

Phan D. (1994) ; « Labour institutions, structural change, evolution and growth : coordination failure in transition toward *Fordism* in the French car industry between the two world wars (1920-1938) » *EAEPE Conference : Challenges to Institutional and Evolutionary Theory : Growth, Uncertainty and Change* Eigtveds Pakhus, Copenhagen, october, 27-29 1994. Version préliminaire « Labour institutions, structural change, evolution in the French car industry between the two world wars (1920-1938) » publiée dans les actes de la Conférence EUNETIC ; *Evolutionary Economics of Technological Change : Assessment of results and new frontiers*, European Parliament, Strasbourg, october 6-8 1994 (actes).

Phan D. (1995) ; « Regulation, access charges with incomplete information and network externality »; *ITS-régional Europe* ; Juan-les-Pins 1-3 septembre.

4.4. Mémoires, Rapports et autres travaux cités (non publiés)

Phan D. (1983) ; *Un cas de gestion industrielle : Renault dans les années 1930 (Organisation du travail et transformations du système social : étude de la dynamique du système productif et des rapports sociaux dans une grande entreprise)* ; mémoire de maîtrise d'histoire sous la

Direction de Jean Bouvier, Université de Paris I, octobre (3 tomes : 249 p. + postface 38 p. + annexes 75 doc.)

Phan D. (1985) ; *Statique, dynamique, profit dans la « théorie de l'évolution économique de Joseph A. Schumpeter »* ; Mémoire pour le Diplôme d'Etudes Approfondie d'Histoire de la Pensée Economique sous la direction de Robert Boyer, Université de Paris I, octobre (101 p.)

Phan D. (1988) ; *Le videotex français face à l'Europe*, rapport ENSPTT & Commission des Communautés Européennes, DG XIII/D2, Bruxelles, janvier.

Phan D. (1990) ; « Renault 1922-1939 : Analyse financière et modélisation économétrique » *document de travail ENSPTT 1990*.

Beunardeau A., Guelaff Y., Phan D., Villeneuve D. (1991) ; « La privatisation de British Telecom : un moyen pour favoriser le développement des services de télécommunications ? » *Rapport de séminaire de projet ENSPTT encadré par L. Tonnerre* ; janvier, 2 vol ENSPTT Paris.

Beunardeau A., Phan D. (1991) ; « British Telecom du monopole à la concurrence : une analyse du rôle des asymétries dans le processus de libéralisation des télécommunications au Royaume Uni » Version partiellement révisée en mai 1992 (mais jamais achevée) d'un draft (32 p.) soumis à la *Revue d'Economie Industrielle* en septembre 1991 et accepté sous réserve de modifications. C'est finalement une version courte qui est parue dans *Flux* (Beunardeau, Phan, 1992).

Phan D. (1992) ; « L'économie des réseaux publics de télécommunication et l'évolution à long terme de la demande télématique des entreprises : des approches plus complémentaires que substituables » ; *document introductif de la première séance du groupe de travail « METIC »*, CEPREMAP, 5 mars, 22p.

Phan D. (1998) ; « La Théorie de la Régulation face aux comportements individuels et aux dynamiques sectorielles. Réflexions sur l'émergence et l'évolution des configurations institutionnelles, organisationnelles et technologiques dans une perspective d'économie historique » ; *Communication au séminaire « dimensions géographique et sectorielles de la régulation »* animé par P.Petit et C.Dutertre, Grenoble, février 38 p.

4.5. Présentations dans des colloques, séminaires et écoles de chercheurs (non publiées)

Piatecki C., Phan D. (1997) « La théorie des jeux évolutionnaires » WP I.C.I. *Présentation au séminaire de l'ICI et à l'Ecole doctorale de Rennes I.*

Phan D. (1998) « Émergence et évolution des systèmes technico-économiques dans une perspective d'économie historique » *Communication au séminaire du Creuset* 4 juin 1998 et au *séminaire Intercom* Aracaju, Brésil, 16 décembre 1998.

Phan D., Beugnard A. (2000) ; « Apprentissages individuels et collectifs dans un système multi-agents reposant sur la programmation par objet » ; Ecole CNRS de Berder - Economie Cognitive 14-19 mai 2000.

Phan D., Piatecki C., Beugnard A. (2000) Local and global learning on virtual distributed market modelled as a multi-agent system» ; *WEHIA 2000 - 5th Workshop on Economics with Heterogeneous Interacting Agents* Marseille, June 15th to 17th 2000.

Beugnard A. Phan D. (2001) ; MODULECO ; Un prototype de plate-forme « multi-agents », fondé sur un modèle informatique original, conçu pour simuler les marchés, les phénomènes sociaux et la dynamique des populations - Ecole d'été de chercheurs « programmation java de Moduleco » Brest

Faire progresser la pensée ne signifie pas nécessairement refuser le passé : c'est parfois le revisiter pour comprendre non seulement ce qui a été effectivement dit, mais aussi ce qui aurait pu être dit, ou du moins ce que l'on peut dire aujourd'hui (et peut être aujourd'hui seulement) à partir de ce qui a été dit auparavant

Umberto ECO

Sémiotique et philosophie du langage

Introduction Générale : **plaidoyer pour une *économie historique***

L'objet initial du présent travail consiste dans un premier temps à présenter des études *économiques* de phénomènes *historiquement situés* dans des domaines variés, comme les usines Renault dans l'entre-deux-guerre, l'industries des télécommunications depuis la fin du XIX^esiècle, les conditions de production et de distribution du logiciel depuis les années soixante, ou encore le fonctionnement de *marchés spécifiques* dont on peut précisément dater l'origine et dont la disparition est programmée comme le réseau français de vidéotex Télétel, plus connu par le nom de son terminal le Minitel. Dans ces études, les phénomènes considérés sont envisagés à la fois du point de vue des *propriétés économiques générales* qu'on peut leur associer et des *processus de changement* qui sont venus remettre en cause ces propriétés.

Comme les études considérées ont été publiées ou présentées dans une période qui couvre un peu plus de dix années (1991-2001), leur présentation appelle à la fois une *mise en cohérence* et une *mise en perspective*. L'exercice d'assemblage de travaux qui peuvent paraître a priori assez différent relève en apparence du *puzzle* ; il faut donc mettre à jour les *principes* qui sous tendent ces travaux afin de révéler les éléments de *cohérence* entre les différentes pièces.

A - La double historicité des phénomènes économiques et sociaux.

Un premier principe réside dans une *double historicité de l'objet d'étude* : d'une part, ces phénomènes présentent des *singularités* que l'on considérera comme leur *spécificité historique* ; d'autre part, ils sont affectés par des *changements* qui se déroulent selon des temporalités variées : émergence de nouvelles pratiques sociales, phénomènes de diffusion d'un nouveau produit ou d'une nouvelle technologie, apparition de nouveaux systèmes par mise en synergie d'activités ou de processus jusqu'alors indépendants.

Si ces formes d'*historicité* trouvaient leur traduction dans un discours sur la *singularité* du phénomène concerné, ce premier principe caractériserait plus le métier de l'historien que celui de l'économiste. C'est pourquoi on cherchera à le combiner avec un second principe qui se rattache au métier de l'économiste : la recherche de degrés variables de *régularité* ou de *similitudes* susceptibles d'une théorisation proposant par *abstraction* des *explications*

unificatrices et des généralisations par exemple par la mise en évidence des mécanismes causals, ou d'interdépendances structurales.

Il convient de souligner ici que par *théorisation de l'historicité des phénomènes économiques*, on ne vise nullement la construction de « lois de l'histoire » ou de lois du développement historique dont la logique s'imposerait aux individus au sens des philosophies de l'histoire ou du déterminisme prophétique du matérialisme historique. La réflexion que l'on amorce ici ne vise pas à construire un « *historicisme* » ou une *théorie de l'histoire* dans la tradition des approches qui ont été critiquées par Simmel (1923) ou Popper (1957). Il s'agit plutôt de rendre justice aux approches qui ont souligné la *spécificité historique* de certains mécanismes économiques ou de certains comportements sociaux et de leur chercher de nouveaux fondements dans la nature même des processus qui résultent du choix des acteurs. En replaçant le sujet et les dynamiques individuelles au centre de l'analyse, on montrera que l'on peut identifier de nouvelles formes d'historicité dans les propriétés des processus agrégés qui résultent des choix individuels. Pour réaliser cet objectif, nous disposons maintenant, grâce aux évolutions récentes des sciences de la nature d'un cadre conceptuel et formel adéquat pour penser et formaliser les phénomènes historiques.

B - De nouveaux fondements pour formaliser l'historicité des processus et des structures

Les propriétés d'historicité qui nous intéressent sont également présentes dans la nature. Il s'agit par exemple des phénomènes dont la formalisation conduit à des *ruptures de symétrie temporelles* (Prigogine, 1993) et des phénomènes *d'émergence structurelle* que l'on trouve dans les *dynamiques hors équilibre* (Prigogine, 1980, 1993, 1996 ; Nicolis ; Prigogine, 1989) où encore « *à la frontière du chaos* » (Heudin, 1998, Kauffman, 1993, 1995a, 1995b, Bak 1996). Dans ces phénomènes naturels, l'instabilité au niveau des éléments microscopiques se traduit par des *irréversibilités macroscopiques* qui matérialisent un *temps historique*, où la notion d'*écoulement temporel* prend son sens (comme dans le *fleuve* d'Héraclite).

L'introduction de cette nouvelle perspective change la nature de l'approche *nomologique*¹ des sciences de la nature : « *l'irréversibilité exige une extension de la dynamique et dès lors de la*

¹ Wilhem Windelband (1848-1915), a proposé dans une conférence rectorale de distinguer entre la méthode *idiographique* (description historique) et la méthode *nomothétique* (« *Geschichte und Naturwissenschaft* », discours de Strasbourg, 1894 reproduit dans *Präludien : Aufsätze und Reden zur Philosophie und ihrer Geschichte*, vol II, Tübingen, J.B.C. Mohr, 1921, p.136-160) ; cité par Ricœur, (1983, p200 note 1) et par

notion de « lois de la nature » » (Prigogine, 1993, p.63). Dans certains cas, deux représentations de l'évolution sont disponibles et la seule représentation macroscopique pertinente d'un point de vue historique est alors probabiliste (id., p.60-62). Dans d'autres cas, malgré la simplicité des règles déterministes qui conditionnent les dynamiques locales, l'étendue de l'espace des dynamiques possibles semble rendre inaccessible à la connaissance humaine la recherche des invariants du système ou de la distribution de probabilité des trajectoires possibles : c'est le cas, par exemple, avec le célèbre « jeu de la vie » du mathématicien Conway. Celui-ci semble irréductible à un modèle plus simple. On a montré que la propriété d'engendrer des structures dynamiques (planeurs, figures géométriques...) dans ce réseau d'automate cellulaire résultait de la localisation de sa dynamique entre le cycle et le chaos, c'est à dire « à la frontière du chaos » (Heudin, 1998). Dans le jeu de la vie, il est n'est pas trop difficile d'expliquer une trajectoire singulière (ou la trajectoire d'un type donné de structure, comme le « planeur ») en reconstituant toutes les étapes qui conduisent où mènent à une configuration donnée. Mais on est bien embarrassé pour dépasser cette dimension singulière et procéder à des généralisations.²

Plus généralement, à l'aide des réseaux d'automates cellulaires (Weisbuch, 1989), des programmes de « vie artificielle » ou des modélisations multi-agents (Langton, 1989, 1995) on peut identifier une nouvelle classe de modèle que l'on sait bien simuler, mais pour laquelle on ne sait pas obtenir de résultats généraux sous forme analytique ou probabiliste, comme l'évolution des bancs de poissons ou l'écoulement des molécules d'eau dans un siphon. Dans les sciences de la nature, deux nouvelles catégories de faits peuvent maintenant être identifiés. Premièrement, ceux dont l'ensemble des trajectoires possibles peuvent être décrit au niveau macroscopique par des régularités statistiques intégrant une dimension historique, mais pour lesquels il est impossible de décrire une trajectoire singulière a priori. Deuxièmement, ceux que l'on peut simuler facilement à partir d'un petit nombre de règles le plus souvent

Schumpeter (1954, tome III, p.44, note 2). Piaget (1970) appelle « sciences « nomothétiques » les disciplines qui cherchent à dégager des « lois » » (op .cit p.17) et leur oppose les « sciences historiques de l'homme » qui correspondent aux disciplines « dont l'objet est de reconstituer et de comprendre le déroulement de toutes les manifestations de la vie sociale au cours du temps » (op .cit p.20). Ces oppositions sont à considérer dans le cadre de l'opposition entre compréhension et explication proposée par Dilthey (1863) sur laquelle nous reviendrons, car de nombreux chercheurs ne la jugent plus pertinente, alors qu'elle sert de référence dans les débats méthodologiques (cf. Schumpeter, 1954 ; Aron, 1938a ; Habermas, 1968b ; Ricœur, 1983, 2000 ; Prost, 1996)

² Ces questions, comme celles qui sont abordées au paragraphe suivant, sont développées dans le chapitre 4.

déterministes, mais pour lesquels il semble que l'on ne puisse rien prévoir de général quand à l'issue future.

Dans les sociétés humaines, ces classes de phénomènes comportant *des dynamiques nécessairement historiques* existent aussi bien que dans la nature. Une différence supplémentaire cependant réside dans la *nature cognitive et sociale* de l'homme. Il se *représente* le monde dans lequel il vit et prend ses décisions en conséquence. Il apprend également à réviser ses croyances en fonction de ce qu'il observe. Il *communique* et agit en *interaction* avec les autres dans le cadre de structures préexistantes que son action peut contribuer à modifier. Enfin, il se projette dans le futur, élabore des *anticipations*, formule des *projets*, forme des *stratégies*.

La portée des approches explicatives dans les sciences sociales peut ainsi être étendue grâce aux nouvelles formalisations associées à l'élargissement de la perspective des sciences de la nature à la dimension historique, comme à la meilleure prise en compte des dimensions interactives cognitives (et donc temporelles) des actions humaines. En particulier, de nouvelles possibilités sont offertes au chercheur pour fonder l'historicité des processus macroscopiques et les régularités qui en résultent sur l'interaction des comportements individuels. Mais les nouvelles propriétés d'*historicité locale* qui résultent de ces approches s'inscrivent *a contrario* au passif des démarches qui chercheraient à construire un nouvel historicisme global. Pour aborder ces questions difficiles, on se propose d'identifier des classes de phénomènes économiques dont la dimension historique est primordiale et de réfléchir à un cadre théorique pertinent pour en rendre compte. Les aspects formels seront abordés dans le Chapitre IV, consacré à la plate-forme multi-agents *Moduleco* qui a été construite en particulier pour formaliser à la fois les phénomènes de marché et les phénomènes d'interactions et d'influence sociale qui peuvent avoir une incidence sur le fonctionnement de ce marché.

C - La double dimension de la démarche suivie

En mars 1991, *La Revue Economique* proposait un numéro spécial consacré à « *l'économie historique* ». Dans l'introduction, Pierre Dockès et Bernard Rosier décrivaient ainsi cette démarche :

« *Le point de vue de l'économie historique peut être résumé comme la volonté de faire de l'économie en privilégiant l'analyse du changement dans un temps historique, donc de situer le déroulement des phénomènes économiques dans une dynamique de*

l'irréversibilité, de l'innovation irréductible, mais aussi dans l'épaisseur du social, de ses jeux conflictuels, de retrouver la diversité des durées et des rythmes. L'histoire humaine ne peut être celle de la nécessité, ni même seulement tisser le hasard et la nécessité, il faut faire intervenir le vouloir humain, individuel et collectif, donc les conflits. » (op. cit. p.150.)

Pierre Dockès et Bernard Rosier proposent alors quatre champs de réflexion. Il s'agit de chercher :

- à *historiciser* les *catégories* et les *théories* économiques, en particulier d'analyser la logique de fonctionnement et d'évolution spécifique à une période historique.
- à tenter de sortir de la contradiction entre le *singulier* et le *général*, par la production de *théories plus spécifiques*, « *ce qui débouche sur la question des enseignements de l'histoire* ».
- à mettre l'accent sur l'importance cruciale des phénomènes qui rendent les processus « *dépendants du parcours* »³, où la longue portée d'une succession de petits événements renouvelle l'intérêt de « *la question des origines* ».
- à montrer la *spécificité des évolutions économiques et sociales* par rapport aux évolutions « *naturelles* », par l'analyse des innovations « *prises au sens large* », ce qui revient à prendre en compte les dimensions proprement humaines (volonté, anticipations, conflits) dans l'analyse de ses évolutions historiques.

La démarche qui est adoptée ici correspond à *toutes les directions* ainsi évoquées. C'est pourquoi nous l'avons qualifiée « *d'économie historique* ». On cherchera ainsi plus précisément à *combiner des principes généraux avec des théorisations appliquées à des domaines spécifiques*. Cet objectif nous amène nécessairement à retenir des approches qui relèvent de *différents niveaux d'abstraction*. Cela suppose également, comme on le montrera, une réflexion méthodologique dont l'objet serait la construction d'une *méta-théorie* sur

³ C'est en particulier le cas dans les processus déterministes chaotiques identifiés par Poincaré (1908) et étudiés à partir des années soixante (Gleick, 1987, Ruelle, 1991, Prigogine, 1993) auxquels on a déjà fait allusion, avec la question de la rupture de symétrie, ou encore dans de nombreux processus stochastiques où l'on peut mettre en évidence des phénomènes d'accumulation d'information et de « *longue mémoire* », comme l'effet Joseph, Mandelbrot (1973c). L'attention des économistes sur les conséquences historiques de ce type de phénomène a été mis en avant en particulier par David (1985, 1986, 1988, 1993) et par Arthur (1988a, 1989, 1994)

l'*articulation* entre ces niveaux d'abstraction. On trouve un essai dans cette direction dans un ouvrage récent d'Hodgson (2001) intitulé « *Comment l'économie oublie l'histoire* ». Après avoir proposé une revue critique des nombreuses approches qui ont combiné histoire et économie depuis l'école historique allemande, Hodgson propose des pistes que nous résumerons plus loin pour construire une telle théorie à partir de courants de recherches contemporains pour lesquels l'histoire fait sens.

Tout en s'appuyant sur une tentative de mise en cohérence des approches disponibles, la démarche suivie ici sera différente, et plus personnelle. Le *corpus de travaux* présenté ici, qui s'étend sur une dizaine d'années, possède également les propriétés qui caractérisent l'objet qui nous intéresse dans ces travaux. Les *méthodes* utilisées pour rendre compte de l'historicité des phénomènes observés, tout comme le *domaine d'investigation retenu* (automobile, télécommunications, mais aussi, industrie, entreprise, marché..) possèdent également une *double historicité*. Ainsi peut on identifier des *singularités* et des *changements* dans les *méthodes* comme dans les *domaines d'investigation*. Il est aussi possible de séparer dans l'itinéraire professionnel et intellectuel du chercheur le général du contingent⁴ : ici la construction progressive (non linéaire, et non aboutie !) d'un corpus de « faits », de connaissances et de méthodes susceptibles de rendre compte d'un point de vue théorique de la *double historicité des phénomènes économiques et sociaux*.

L'objet du présent travail peut donc être maintenant vu comme le bilan actuel de la construction d'un programme de recherche personnel sur la *théorisation de la spécificité historique des permanences et des changements et sur l'articulation (à la fois conceptuelle et historique) de ces deux dimensions*. Ce programme peut ensuite être lui même décliné sur deux domaines : les phénomènes économiques (et sociaux) réels et le processus (cognitif) de formation des connaissances, en particulier l'appropriation et la construction des méthodes et des représentations théoriques adéquates à la problématique, comme à l'objet considéré.

Pour décrire brièvement l'enrichissement progressif des approches intégrées dans ce second point, le programme de recherche trouve son origine dans une fertilisation croisée (malheureusement non aboutie) entre une *tradition française de l'histoire économique*, représentée par Jean Bouvier et l'*approche économique dite « de la régulation »*, plus particulièrement personnalisée par Robert Boyer (en particulier dans ses aspects historique et

⁴ Souvent liés à des *bifurcations historiques*, comme celles que l'on peut associer à des *rencontres décisives*. Cf. « *itinéraire professionnel et intellectuel* ».

modélisation macro-économétrique). L'étude de *l'entreprise Renault entre les deux guerres* en est le domaine d'application (chapitre I)

Une seconde étape est marquée par deux directions différentes de l'économie appliquée. *L'industrie et les marchés des télécommunications* en sont le champ d'application. La première en date relève de ce que Favereau (1989a) appelle *l'économie standard élargie*. Il s'agit dans notre cas *d'applications de la microéconomie aux domaines de l'économie publique et de l'économie industrielle*, principalement inspirées par les travaux de Nicolas Curien sur les décisions d'accès et d'usage téléphonique, puis de Jean Jacques Laffont et Jean Tirole sur la réglementation des opérateurs en asymétrie d'information. Ces travaux sont clairement les plus éloignés de la problématique qui nous intéresse, mais ils seront très utiles pour les développements sur les marchés envisagés pour la troisième étape. Dans les deux cas, le centre d'intérêt n'est plus l'entreprise ou l'industrie, mais des *marchés* très particuliers : le *Minitel*, déjà mentionné et *l'interconnexion entre réseaux*. La seconde direction trouve son inspiration synthétisée dans l'ouvrage collectif de Dosi & alii : *Technical change and Economic Theory*, publié en 1988, mais les travaux correspondants commenceront à partir de 1993, en particulier dans le cadre du groupe de travail METIC (Marchés, Entreprises et Technologies de l'Information et de la Communication)⁵

La troisième étape trouve des origines lointaines au début des années quatre vingt dix, dans l'intérêt précurseur d'André Orléan pour *les jeux évolutionnaires et les modèles d'interactions stochastiques* vus comme moyens de modéliser la formation d'opinion ou les phénomènes d'influence sociale. Cette direction de recherche a débouché récemment sur une des branches de *l'économie cognitive* (Walliser, 2000). Très récemment⁶, l'intérêt pour une *reformulation de la question des marchés* est à relier avec les travaux de Kirman (1983, 1997a, 1997b, 1998), Kirman Oddou Waber (1986) sur l'information et la communication, de Vriend (1995) et Kirman, Vriend (2001), Weisbuch, Kirman, Herreiner (1998), Nadal et alii (1998); Plouraboué, Steyer, Zimmermann (1996), et Deroïan, Steyer, Zimmermann (1999), mais également l'ensemble des travaux d'Orléan sur les marchés financiers (Orléan, 1999) et les travaux de sociologie économique

⁵ Pascal Petit accompagne alors la transition de la régulation vers une économie plus institutionnaliste et évolutionniste. La présentation de la démarche et des membres du groupe METIC figure en avant propos de Brousseau, Petit, Phan, 1996.

⁶ Je dois la première interrogation informelle sur cette question à un partenariat avec Pascal Petit dans le cadre d'une étude pour France Telecom / Direction de la Stratégie / Service d'évaluation et prospective (Petit, 1991)

comme ceux de Granovetter (2000). Pour nous, cela se traduit par la volonté de *formaliser les marchés par des systèmes multi-agents*, approche également connue dans la littérature anglo-saxonne sous l'acronyme ACE (*Agent-based Computational Economics*)⁷. D'un point de vue méthodologique, les concepts présentés ici apparaissent progressivement entre 1996 (Annexe du Chapitre 9 de Brousseau, Petit, Phan, 1996 ; et Phan, 1998) (Communication au séminaire « *dimensions géographiques et sectorielles de la régulation* » à Grenoble)⁸. Les premières réflexions qui conduisent aux travaux présentés au chapitre 4 débutent également dans cette période.

0.1. Economie, histoire et « économie historique », de quoi parles-t-on ?

Les travaux qui viennent d'être évoqués sont traversés par une tension permanente entre la narration et l'explication, l'économie et l'histoire. Ces deux disciplines apparaissent à première vue comme complémentaires, mais articuler de manière cohérente ne va pas de soi. Pourtant, comme le rappelle l'historien Verley (1995) « *l'histoire économique et l'économie sont deux disciplines liées dès l'origine, ou, plus exactement dont les spécificité ne se sont peu à peu affirmées qu'à partir de la fin du XIX^e siècle* ». Les fondateurs de l'économie et Marx utilisent une méthode historique, comme nous le rappelle Schumpeter (1942) :

« En tout état de cause, Marx a effectivement atteint un objectif d'importance fondamentale du point de vue de la méthodologie économique. Les économistes ont toujours ou bien fait œuvre d'historiens économiques, ou bien mis à contribution les travaux historiques d'autrui - - mais les données de l'histoire économique étaient classées dans un compartiment distinct. Elles ne prenaient (éventuellement) place dans la théorie qu'à titre d'illustration, sinon de confirmation des conclusions élaborées dans l'abstrait. Elles n'y étaient donc mêlées que par un processus de brassage mécanique. Or, le mélange de Marx est chimique : en d'autres termes, il a inséré les données historiques dans l'argumentation même dont il fait dériver ses

⁷ La maturation de cette dernière approche aura été longue et le détour de production important. Dans ce domaine j'ai bénéficié des conseils de Cyrille Piatecky à partir de 1997, puis de l'aide d'Antoine Beugnard à partir de 2000 pour le développement de la plate-forme Moduleco.

⁸ On peut dater en 1998 la bifurcation effective dans cette dernière direction, avec l'organisation d'un workshop à Brest sur les « *Jeux évolutionnaires et les modèles stochastiques d'interaction* » où à lieu une *rencontre décisive* avec Paul Bourguine. Le développement de Moduleco a profité intellectuellement de l'émergence du GDR d'économie cognitive et du soutien de Paul Bourguine et de Jean Pierre Nadal.

conclusions. Il fut le premier économiste de grande classe à reconnaître et à enseigner systématiquement comment la théorie économique peut être convertie en analyse historique et comment l'exposé historique peut être converti en histoire raisonnée. » (op. cit., p. 69).

Mais historiens et économistes (pour ne pas parler des sociologues) vont s'éloigner à partir du milieu du siècle. La proposition de Dilthey (1863) de fonder les « *sciences de l'esprit* » sur une distinction *compréhension / explication* va donner un fondement épistémologique à la volonté qui en résultera ultérieurement de distinguer clairement les sciences *nomothétiques* de l'homme (qui cherchent à généraliser pour proposer des lois) des sciences *idiographiques* (qui proposent des descriptions historiques). Cette distinction, introduite en 1894 par le néo-kantien Wilhem Windelband⁹ a été reprise par de nombreux auteurs, depuis la philosophie historique (Rickert, 1901) jusqu'à Piaget (1970) qui oppose les « *sciences historiques de l'homme* » qui correspondent aux disciplines « *dont l'objet est de reconstituer et de comprendre le déroulement de toutes les manifestations de la vie sociale au cours du temps* » (op .cit p.20) aux « *sciences « nomothétiques » les disciplines qui cherchent à dégager des « lois » »* (op .cit p.17). Schumpeter (1954) trouve cette « *ligne de partage totalement irréaliste* » car elle oublie « *qu'une grande partie des sciences sociales se trouvent à cheval sur cette ligne de partage* »¹⁰. Dès la fin du XIX^e siècle, les querelles méthodologiques entre historiens, économistes, et sociologues vont se multiplier. Sans entrer dans l'histoire de ces polémiques, la section suivante propose un premier tour d'horizon de cette question¹¹ afin de « *planter le décor* ». Nous y reviendrons dans le chapitre I.

⁹ Cf. note 1 page 2. Sur Dilthey cf. Mesure (1990) et Brogowski (1997).

¹⁰ Schumpeter ajoute : « Conséquence aussi inévitable que regrettable, cela a pu égarer de nombreux économistes qui les ont écoutés - Max Weber, par exemple, a été fortement influencé par Rickert. Mais écoutons plutôt cette phrase bien frappée de Dilthey qui pourrait être une devise résumant la méthodologie de Max Weber : « *Nous expliquons les phénomènes de la nature, nous comprenons les phénomènes de l'esprit (ou de la culture)* » (Schumpeter 1954, tome III note 2, p.44). Selon Latouche (1994) « Le cas de Max Weber est tout à fait significatif du destin du mariage de l'histoire et de l'économie », alors qu'il enseignait l'économie on l'a classé contre son gré dans la « *sociologie compréhensive* » (cf. également Aron, 1967)

¹¹ L'annexe 1 propose quelques considérations plus générales pour replacer les sciences de l'homme et de la société, l'économie en particulier, dans le débat épistémologique d'ensemble.

0.1.1 Quelques considérations sociologiques et épistémologiques sur les méthodes de l'historien et de l'économiste.

Pour planter le décor, il n'est pas inintéressant de commencer par un pamphlet. Ceux-ci ont toujours un fond de vérité. André Marshall dans son manuel : *Système et structures économiques*, propose un apologue de l'historien et de l'économiste :

Le *premier feu* concerne une critique de l'histoire positiviste et événementielle :

« .. La recherche historique, dans son souci de rigoureuse objectivité, devient pure et simple description ou (..) « collectionnage de faits ». C'est l'histoire dite « histortisante » ou « évènementielle » tirée des monceaux de faits accumulés par ces « manœuvres d'érudition » dont parle Marc Bloch et qui a suscité à juste titre les impitoyables critiques de Paul Valéry dans Regards sur le monde actuel. (..) Les renseignements accumulés sont inutilisables par l'économiste du fait qu'ils sont noyés dans un enchevêtrement complexe de faits secondaires ou même insignifiants. Car le culte de certains historiens pour le « document » leur fait attacher un grand prix au moindre tesson, chiffon ou graffiti, pourvu qu'il soit authentique. Seulement tout ce qui est vrai ou vécu, mais n'a qu'un intérêt individuel, passager ou local, ne peut absorber l'attention de l'économiste »

André Marshall concède ensuite que l'économiste se rend coupable d'un « excès d'abstraction », avec pour corollaire une attention, secondaire accordée aux faits « qualifiés dédaigneusement d'empiriques » Ainsi donc, l'économiste se voit-il reprocher :

« .. de se contenter presque exclusivement de perfectionner le schéma walrassien, d'ajouter quelques pièces au mécanisme cérébral de l'homo œconomicus (..) Les uns se rattachaient à l'école mathématique de Lausanne et suivaient l'exemple de Pareto qui « dans le silence de son cabinet de travail, s'interrogeait sur la forme des courbes d'indifférences », tandis que les autres se rattachaient à l'école « psychologique » de Vienne (..) qui n'avait de psychologique que le nom car elle devait tout à l'introspection et rien à l'observation »

Dans ce contexte, toute collaboration entre l'économiste, coupable d'un « excès d'abstraction » et l'historien qui s'enferme dans un « excès d'érudition » est impossible, a moins de reposer sur un malentendu originel.

« Il arrivait parfois, pourtant, qu'au terme d'une longue chaîne de raisonnements, l'économiste ressentît le besoin de reprendre contact avec le réel et d'illustrer son argumentation par des exemples habilement - pour ne pas dire « trop habilement » - choisis. Mais il répugnait alors à faire appel à l'historien, pressentant plus ou moins obscurément qu'il y avait là une sorte de fraude intellectuelle dont l'historien ne voulait pas se faire complice. Ainsi le fossé s'élargissait entre un économiste théoricien qui n'avait nullement besoin de l'observation, puisque les réponses à ses questions étaient contenues dans ses prémisses mêmes, et un historien sans emploi qui s'enlisait dans l'érudition ».

Les méthodes « classiques » de l'historien ont été formalisées dans les fameux ouvrages de Langlois, Seignobos (1897) et de Seignobos (1901)¹². L'historien a recours aux « sources brutes » qu'il soumet à une *double lecture critique*. Une première *lecture d'érudition* consiste à *établir les faits* et à *authentifier les textes* ; c'est la *critique externe*. Elle était le principal fondement de l'histoire positiviste qui prétendait s'effacer derrière une objectivité purement matérielle, qui reposait sur trois pilier : la *non intervention* , la *non contradiction*, la *plausibilité*¹³. Le rejet des doctrines positivistes par les historiens contemporains et l'élargissement des sources bien au delà des documents écrits ne signifie pas qu'ils fondent leur réflexion sur des faits non « établis » ou sur des sources peu fiables,. Ils continuent à confronter les sources brutes « *en les faisant s'entrechoquer les unes avec les autres* »¹⁴ ;

¹² Dans *La Méthode historique appliquée aux sciences sociales*, Seignobos considère les historiens comme les seuls candidats crédibles à la fédération des sciences sociales, ce qui aura pour effet de déclencher une polémique avec les sociologues (Dosse, 1987). Comme on le verra au Chapitre 1, cette prétention à la synthèse aura la vie dure, y compris chez les historiens marxistes comme Pierre Vilar. Plus pragmatique, Braudel saura adopter une position plus modeste et plus flexible pour provoquer la convergence des différentes sciences sociales.

¹³ Non intervention : « *l'érudit applique sa méthode critique aux documents, non à l'institution dont les documents émanent* » ; non contradiction : « *si deux assertions ou deux documents concernant le même fait sont contradictoires, l'un au moins est faux et doit être rejeté ; inversement, deux documents dont on peut montrer qu'ils sont indépendants et qui rapportent le même fait valent preuve* » ; plausibilité : « *dans le cas où le principe précédent n'est pas applicable clairement, ou si une contradiction apparaît, sans critère formel, on s'en remet au bon sens pour distinguer l'historique du légendaire* » (Guerreau, 1980 p 169). En tant que *Chartiste*, Alain Guereau est orfèvre en la matière ; malgré sa position critique (marxiste) il reconnaît que « *l'intérêt de cette méthode a été énorme, permettant d'établir une chronologie et de multiples répertoires sans lesquels le travail aujourd'hui serait la plupart du temps impossible* »

¹⁴ Jean Bouvier, introduction à un numéro spécial de la *Revue Economique* Vol 31 N°4 Juillet 1980 p. 621.

mais les *différentes formes de critiques internes* (analyse interprétative, critique de discours, critique de l'idéologie...) ont pris une importance grandissante.

« *ce qui définit l'histoire ce n'est pas les objets qu'elle étudie, mais le regard que l'historien porte sur eux. Le propre de l'histoire n'est donc pas de l'ordre de la méthode, mais de l'interrogation : celle qui porte sur le changement dans le temps* » (Prost, 1997, p.390)

Ainsi, l'histoire est avant tout *narration* des événements passés selon « *l'irréductible spécificité* » des « *contingences et des enchaînements* » (Prost). L'historien cherche à *établir* des événements et à leur *donner du sens* dans leur contexte : il « *fait comprendre des intrigues* » (Veyne, 1971). L'histoire est donc une discipline *herméneutique* (Ricœur, 1983, 2000). Pour interpréter, l'historien raisonne d'abord de manière *subjective*, par analogie avec son expérience propre comme cela a pu être théorisé par Simmel (1923), Collingwood (1935), Ricœur :

« *l'historien raisonne par analogie avec le présent, il transfère au passé des modes d'explication qui ont fait leurs preuves dans l'expérience sociale quotidienne de tout un chacun. C'est d'ailleurs l'une des raisons du succès de l'histoire dans le grand public : aucune compétence n'est requise du lecteur pour pénétrer un livre d'histoire* » (Prost 1996, p.159).

« *L'histoire est d'abord un travail d'imagination. (Collingwood) Mais si l'esprit doit toutefois demeurer dans le domaine de l'histoire et ne pas glisser dans celui de la fiction, cet imaginaire doit se plier à une discipline spécifique, à savoir un découpage approprié de ses objets de référence. Ce découpage est régi par deux principes limitatifs. Selon le premier les modèles explicatifs en cours dans la pratique historique ont pour traits communs de se rapporter à la réalité humaine en tant que fait social. (...) Le second principe limitatif concerne le découpage de l'histoire dans le champ des sciences sociales. C'est par l'accent que l'histoire met sur le changement et sur les différences ou écarts affectant les changements qu'elle se distingue des autres sciences sociales et principalement de la sociologie.* » (Ricœur, 2000, p 231-232).

Nous touchons ici du doigt ce qui sera pour nous la *principale difficulté*. Si nous sommes amenés à définir une économie historique comme une *analyse économique des processus de changement*, nous rentrons sur le territoire de l'historien...

Aujourd'hui, les historiens et épistémologues¹⁵ rejettent la distinction entre explication et compréhension. En pratique, ils vont chercher dans les autres disciplines les méthodes dont ils peuvent avoir besoin, au risque de l'éclectisme. Quelques morceaux choisis de bons auteurs nous permettent de bien avoir à l'esprit les principales conséquences de cette violation des principes de Dilthey :

C'est au niveau de l'explication / compréhension que l'autonomie de l'histoire par rapport à la mémoire s'affirme avec le plus de force au plan épistémologique. (..)

C'est par rapport à l'explication que le document fait preuve. Toutefois, ce que l'explication / compréhension apporte de neuf par rapport au traitement documentaire du fait historique concerne les modes d'enchaînement entre les faits documentés. (..)

C'est ainsi que modèle et preuve documentaire vont de pair. » (Ricœur, 2000, p 231)

« Il n'y a pas en histoire de mode privilégié d'explication. C'est un trait que l'histoire partage avec la théorie de l'action, dans la mesure où le référent avant-dernier du discours historique, ce sont les interactions susceptibles d'engendrer le jeu social (..)

L'histoire déploie tout l'éventail des modes d'explication susceptibles de rendre intelligible les interactions humaines. » (op.cit., p 234)

« On peut tenir pour dépassée la querelle suscitée au début du 19^{ème} siècle autour des termes tenus pour antagonistes d'explication et de compréhension (en effet) la grande masse des travaux historiques se déploie dans une région moyenne où alternent et se combinent de façon parfois aléatoire des modes disparates d'explication. » (op.cit., p.234)

Pour l'économiste, c'est l'éclectisme entre ces « modes disparates d'explication » qui va poser problème. Bien entendu, on peut admettre avec Jean Bouvier qu'il y a «... dans toute théorie un noyau de rationalité et quelque rapport avec les réalités, la conjoncture, l'histoire (...) Les sciences humaines ont besoin d'un trousseau, d'un arsenal de théories, c'est à dire d'hypothèses et de concepts. La serrure est tellement sophistiquée qu'il y faut plusieurs clefs, c'est à dire l'approche conjointe, critique et en concurrence des théories diverses dont nous disposons »¹⁶.

Cette vision est reprise par Antoine Prost qui l'envisage non pas au niveau théorique, comme Jean Bouvier, mais au niveau selon nous subordonné (on adopte une méthode en accord avec

¹⁵ par exemple : Guerreau, 1980 ; Prost, 1996, 1997 ; Ricœur, 1983, 2000.

¹⁶ Jean Bouvier, compte rendu du livre de Vilar (1982) dans la *Revue Historique*, N° 545, janvier mars 1983 p. 229.

une théorie), de la méthodologie. Pour Prost (1997) : « *Il n'y a pas de méthode historique..* ». Par contre, il peut arriver que « *les historiens empruntent certaines de leurs méthodes aux statisticiens, aux économistes, aux sociologies, aux ethnologues, aux linguistes etc.* » (op.cit. p.390).. Ainsi, une vision trop extensive du *pluralisme*, s'il n'est pas *raisonné*, en particulier si aucune recherche de *cohérence* est faite entre les diverses perspectives proposées, peut conduire à des emprunts contradictoires.

Même lorsqu'il utilise la narration, l'historien procède à la reconstruction d'une *représentation synthétique* d'un passé dont on sait qu'il a été unique, mais dont on a *dès l'origine des représentations plurielles*, à partir de l'étude critique et du recoupement de sources rares, dont l'interprétation peut donner lieu à plusieurs *visions*, parfois complémentaires, mais parfois aussi contradictoires. Cette réalité du métier d'historien a conduit Aron (1938b) à une vision très relativiste de la pratique de cette profession : « *Il n'existe pas une réalité historique toute faite avant la science qu'il conviendrait seulement de reproduire avec fidélité* » (op. cit. p.147). Le relativisme d'Aron reste cependant conditionnel à l'état des connaissances et la pratique de l'historien subordonnée aux cadres d'analyses et théories auxquelles il recourt, même implicitement.

« *La pluralité des interprétations est évidente dès que l'on envisage le travail de l'historien. Car autant d'interprétations surgissent qu'il existe de systèmes, c'est à dire, en termes vagues de conceptions psychologiques et de logiques originales. Bien plus, on peut dire que la théorie précède l'histoire, si l'on entend par théorie à la fois la détermination d'un certain système et la valeur prêtée à un certain système d'interprétation.* » (op. cit. p. 111).

Cette tension entre l'espace du « *raisonnement naturel* » (Passeron, 1991), le subjectiviste du travail sur l'imaginaire et les pratiques plus formalisées de certaines professions qui s'accommodent mal d'une vision relativiste de la connaissance crée un deuxième problème qu'il nous faudra prendre en compte. Finalement, la violation de l'impossible principe de Dilthey, malgré sa fécondité, pose problème. Si l'objet de l'histoire est *le changement*, il y a de ce fait une zone de concurrence ou de complémentarité avec toutes les autres sciences de l'homme et de la société. Pour Latouche (1994) c'est bien la que se trouve une des sources du problème : « *L'historien cherche à expliquer les faits et les évènements et, le cas échéant à en fournir une compréhension. En cela, l'histoire semble viser la scientificité sociale, voire être la science.* ». Pour l'historien, l'économie est une science auxiliaire de l'histoire. Pour

l'économie, le recueil de « données empiriques » de nature historique est une activité annexe... Nous y reviendrons.

Finally, the nature of the relationship that will be established between the disciplines concerned will depend then at once on considerations of sociology of sciences, and on epistemological considerations on the articulation between the different methodological principles retained in the disciplines concerned.

0.1.2. Une économie historique : pourquoi faire ?

Avec l'avènement de la « *Nouvelle Economie Industrielle* » il a été admis que les agents économiques « *au lieu de subir un ensemble de conditions préétablies, modifient celles-ci à leur avantage. Ce sont des initiateurs de combinaisons nouvelles, qui manipulent leur environnement et qui ont le pouvoir de déterminer jusqu'à un certain point les conditions du marché. Dans cette optique, la configuration des structures industrielles et des formes d'organisation est autant le résultat de stratégies délibérées que de conditions initiales et de règles du jeu prédéterminées* » (Jaquemin, 1985, p.9). L'introduction d'un degré supplémentaire de *spécificité historique* devrait être une conséquence logique de cette évolution et effectivement, certains auteurs n'hésitent plus à confronter la théorie et l'histoire (par exemple les remarquables travaux de Sutton, 1991, 1998).

A - Une économie des « processus historique » doit également être une économie « cognitive ».

Cependant, ces travaux ne sont que l'exception qui confirme la règle, du moins pour ce que Lesourne (1985, 1991) - qui est orfèvre en la matière - nomme le « *noyau dur* » de l'économie. Pour ce dernier, en effet, « *le noyau dur de la théorie économique ignore l'histoire, (entendue comme) les processus par lesquels le temps transforme en un passé unique la multiplicité des avenir possibles* » (Lesourne, 1991, p.8). Ici c'est de la *dimension dynamique* qui est en cause. Trois facteurs interviennent dans cette *dynamique historique*¹⁷ Comme dans les sciences de la nature, il s'agit d'abord du « *hasard* » et de la « *nécessité* ». Mais Lesourne ajoute un facteur proprement humain, la « *volonté* » qui « *sépare les sciences humaines des sciences de la matière en remplaçant les éléments passifs par des acteurs capables d'adopter une gamme infiniment variée de comportements allant de la simple adaptation du passé à l'élaboration d'anticipations, à la formulation de projets, à la*

¹⁷ Il n'est pas inintéressant de voir comment Samuelson (1947, tome 2) définit la dynamique historique...

poursuite de stratégies » (id. p.8). Dès que l'on introduit un degré suffisant d'incertitude dans les choix humains, y compris les décisions individuelles de court terme, le *processus historique* ainsi défini fait sens, comme on le montre plus loin. Lorsque l'on élargit la perspective, dans le temps et dans l'espace, la nature du processus devient plus complexe, mais la question de base reste la même : comment les hommes écrivent-ils leur histoire, comment la combinaison des choix humains et de leurs conséquences transforme en un passé unique la multiplicité des avenir possibles ? On sait que ce programme conduit à une « *économie cognitive* » (Lesourne, 1991 ; Walliser, 2000).

B - Une Economie industrielle historique ?

Des industries comme l'automobile, les télécommunications ou l'informatique peuvent être vues comme des *structures* techniques, économiques, sociales (Akerman, 1944 ; Taimond 1982). Ces structures sont elles-mêmes intégrées dans des structures plus larges, qui forment leur « *environnement* », et avec lesquelles elles entretiennent des relations multilatérales. L'étude économique de ces industries procède généralement par *abstraction* d'un certain nombre de relations stylisées qui forment elles même un système : le modèle. Celui-ci est supposé être suffisant pour comprendre les principales caractéristiques économiques (comme la formation des prix, ou la dynamique de croissance du produit) des phénomènes réels dont il doit rendre compte. Ces représentations stylisées peuvent alors être relativement informelles et qualitatives, comme le « *paradigme SCP* » (Structure, Comportement, Performance), ou plus formelles, comme les modèles de la « *nouvelle économie industrielle* » (Schmalensee, 1982b ; Jacquemin, 1985 ; Tirole, 1988) ; elles peuvent aussi mettre l'accent sur la dynamique même des structures économiques dans leur environnement technique et institutionnel, comme les théories évolutionnistes ou néo - institutionnalistes (Dosi, 1982 ; Dosi & allii., 1988 ; Davis, North, 1971 ; North, 1981, 1990 ; Nelson, 1994).

La première approche dite « *SCP* » considère les « *structures* » comme des *données du problème*. Les *structures* en question sont principalement les caractéristiques organisationnelles, techniques et concurrentielles du marché considéré (par exemple : nombre de compétiteurs et répartition des parts de marché, barrières à l'entrée, produits substitués et compléments, standardisation du produit, interdépendances avec les industries aval et amont, nature et circulation de l'information).

Selon la seconde approche, les *structures* considérées peuvent être *endogènes* comme le souligne Jacquemin, cité *infra* (1985, p9). Cette introduction des comportements stratégiques

et de l'information permet ainsi d'élargir le champ de ce que (Favereau, 1989a) nomme la « *théorie standard élargie* » aux relations de pouvoir et de délégation, principalement grâce à l'introduction de considérations informationnelles (engagement, réputation, asymétries d'information). Par contre, une situation d'information incomplète, les formes de rationalité cognitive, et plus généralement toutes les situations qui conduisent non-intentionnellement (Elster, 1983, 1985, 1986, 1990, 1995) à la transformation des structures existantes ou à l'émergence de nouvelles structures (par exemple par effet de composition de structures d'interactions spécifiques) restent largement inexplorées par cette approche. Un des objectifs de *l'économie cognitive* est précisément d'investir ce domaine.

Les *innovations* de toutes natures qui contribuent à transformer les structures jouent un rôle déterminant dans la dynamique globale des industries : « *les évolutions économiques et sociales se caractérisent par des modifications délibérées de l'ordre existant. L'entrepreneur au sens schumpétérien ne se contente pas de détecter les constances dans son environnement et de s'y ajuster le mieux possible ; il introduit de nouveaux produits de nouveaux systèmes de production et d'organisation, rompant ainsi avec les processus répétitifs et provoquant des mutations* ». (Jaquemin, 1985, p.183). Si un certain nombre d'innovations ont des conséquences prévisibles, d'autres ouvrent de nouvelles opportunités ou transforment de manière inattendue les comportements de telle manière que l'issue du processus ainsi amorcé est difficilement prévisible. Le programme *évolutionniste* de *l'économie cognitive* (Walliser 2000) propose un certain nombre de méthodes pour explorer de telles situations.

Finalement, les « *institutions* » contribuent à rendre les processus collectifs et les choix individuels *dépendants du contexte*. La notion d'*institution* peut être vue de différentes manières, selon la façon dont on conçoit le rôle de la « *socialisation* » dans les processus décisionnels qui lient les représentations des agents et leurs pratiques effectives. Nous nous limiterons pour l'instant à une vision des institutions comme éléments de l'environnement des unités décisionnelles. L'environnement institutionnel est ainsi défini par Davis et North (1971) comme « *l'ensemble des éléments politiques, juridiques et sociaux qui servent de cadre à la production, aux échanges et à la répartition* ». Pour North (1991), ces éléments se manifestent sous la forme de « *contraintes* » qui structurent les interactions politiques, économiques et sociales. Ces dernières peuvent être soit formelles (constitutions, lois, droits de propriétés) soit informelles (tabous, coutumes, traditions...). Les économistes industriels qui adoptent la démarche de la *théorie standard élargie*, les néo-institutionnalistes ou les évolutionnistes cherchent à tenir compte, chacun à leur manière, des interdépendances entre

les institutions et les structures économiques. Les programmes évolutionnistes et conventionnalistes (Nelson, 1994 ; Orléan, 1994) proposent même un discours sur l'émergence des formes institutionnelles. Mais ces dernières approches sont malheureusement beaucoup plus « *logiques* » que proprement « *historiques* » (Delfalvard, 1992).

Enfin, les discours et les modèles relatifs aux conditions structurelles de la production sociale de technologie (Habermas, 1968b) et aux effets en retour des technologies sur les autres structures sont relativement rares, sauf chez les évolutionnistes, mais on trouve des réflexions sur ces questions dans tous les programmes de recherches (cf. par exemple Curien, Gensollen, 1992 pour les télécommunications).

Pour aller plus loin dans l'exploration des différentes perspectives de l'historicité des phénomènes économiques, il nous faut donc chercher des perspectives théoriques adéquates. C'est ce que nous proposent un certain nombre d'auteurs qui appellent explicitement à la constitution d'une *économie historique*. Nous allons donc passer en revue les principes de leur programme, avant de situer notre propre démarche dans ce contexte.

0.2. Trois programmes d'économie historique.

Nous présentons ici trois programmes de recherche qui se revendiquent explicitement d'une économie historique. L'ordre de présentation correspond à la de complexité épistémologique du projet¹⁸. Premièrement, le programme de David (1993) souligne la nécessité de recourir à l'étude *des processus historiques* pour l'économie du changement technique. Nous qualifions cette perspective d'*économie des processus historiques*. Deuxièmement, nous présenterons brièvement l'article programmatique de Dockès Rosier (1991) qui vient utilement compléter leur livre de 1983. Enfin nous terminerons avec le récent programme institutionnaliste et évolutionniste de Hodgson (2001).

Nous ne présentons pas ici le programme régulationniste, qui a été notre point de départ, pour deux raisons. Premièrement, son existence est prise en compte explicitement à la fois par Dockès, Rosier (1991) et Hodgson (2001). Deuxièmement, nous lui consacrons une grande partie des discussions du chapitre premier.

¹⁸ On indique ici une référence *typique*, où la notion d'*économie historique* apparaît explicitement. Mais les travaux de ces auteurs remontent généralement aux années soixante dix.

0.2.1. Le programme de David et l'étude des processus historiques dans l'économie du changement technique.

Le programme d'économie historique de David (1985, 1986, 1987, 1988, 1993, 1994a), David, Foray (1995) pourrait très bien être résumé par le fameux poème d'Antonio Machado : « *Marcheur il n'y a pas de chemin, le chemin se construit en marchant* ». Si la métaphore de la construction des chemins par les explorateurs avait déjà été proposée par Hayeck, il est revenu à David de la mettre en œuvre systématiquement dans le champs de l'économie de l'innovation, puis à Arthur (1988a, 1988b, 1989, 1994 - cf. également Arthur, Ermoliev, Kaniavski, 1987) de proposer les premières formalisations de processus à dépendance historique, inspirées de l'Urne de Polya (1931). Si ces premières formalisations ont des limites qu'il convient maintenant de dépasser, elles ont joué un rôle important d'un point de vue heuristique (cf. Waldrop, 1993). Foray (1996) nous propose une présentation synthétique des caractéristiques de ce programme que nous avons qualifié d'économie des « *processus historiques* ».

Selon ce dernier, les *trajectoires historiques* associées aux *systèmes dynamiques à rétroactions positives* formalisés sous forme d'Urne de Polya ont six caractéristiques :

1. Les caractéristiques intrinsèques des solutions en compétition à l'origine sont insuffisantes pour prédire l'issue du processus
2. Les différentes options acquièrent une partie de leurs propriétés en « traçant leur chemin », au fur à mesure de leurs succès (échecs) relatifs
3. Les premières décisions peuvent généralement être considérées comme aléatoires et la position initiale est instable
4. Les agents sont influencés pour prendre leur décision par les proportions respectives de ceux qui ont choisi avant eux.
5. La succession de choix individuels engendre des *rétroactions positives* qui vont augmenter la performance des différentes options sur lesquelles ces rétroactions vont se porter
6. Dans le cas le plus simple (une alternative), où il n'y a que deux états absorbants. Ceux-ci représentent tous deux une issue possible, mais monomorphique de la trajectoire.

Formellement, il s'agit de *chaînes de Markov additivement interdépendantes*. En effet, si le comportement de chaque agent ne dépend que de l'état présent du système, la dynamique collective du processus ne peut y être réduite. Foray (1996) estime que cette propriété confère

à de tels processus une *historicité forte*. En pratique, on se trouve devant un système macroscopique caractérisé par une irréversibilité temporelle, car les décisions individuelles ont été supposées irréversibles. On sera donc appelé pour dépasser cette limitation à identifier des situations où se sont les propriétés d'interdépendance des choix qui créent l'irréversibilité et non le caractère définitif des choix. On verra au Chapitre 4 que c'est précisément une des caractéristiques des choix d'agents en situation d'interdépendance sociale sur des réseaux (David, Foray, Dalle, 1998). Ceci nous amènera à nous interroger sur la dépendance de l'état macroscopique vis à vis des structures d'interaction elles-mêmes. En effet, dans le modèle historique d'Arthur, les rétroactions positives proviennent principalement de l'état macroscopique du système. En résumé, pour nous comme pour Foray (1996) on peut obtenir des processus historiques à partir de situations qui associent « *la possibilité de réversibilité des décisions individuelles avec l'irréversibilité du comportement macroscopique du système, et l'existence de rétroactions positives locales avec la tendance*¹⁹ *globale d'uniformisation des choix* » (op. cit. p 24)

0.2.2. Le programme d'économie historique de Dockès, Rosier

En mars 1991, *La Revue Economique* proposait un numéro spécial consacré à « *l'économie historique* », et coordonné par Pierre Dockès et Bernard Rosier. Dans leur contribution, intitulée « *Histoire « raisonnée » et économie historique* », ces derniers y appellent explicitement au développement d'une *économie historique*, dont ils dressent les principes. Bien entendu, l'engagement de ces auteurs pour l'économie historique ne date pas des années quatre-vingt dix²⁰, et l'article de 1991 vient prolonger leur ouvrage de 1983 intitulé : *Rythmes économiques Crises et changement social, une perspective historique*. Ces travaux se situent dans une perspective post marxiste caractéristique des pôles de la région Rhône-Alpe²¹. Ce double engagement apparaît clairement avec l'exposé des motifs de Dockès, Rosier (1983) :

¹⁹ Nous soulignons le terme *tendance* dans la mesure où un intérêt des modèles d'interactions locales est précisément de préserver la possibilité de clusters ou de « *niches écologiques* ».

²⁰ Rosier (1975), Dockès (1975), Dockès, Rosier (1977). Pour les publications récentes, cf. Dockès (1993), Dockès (1999), Dockès, Guillaume (2000). Dockès (1979) reconstruit l'histoire du premier millénaire après J.C. selon une problématique de lutte des classes cf. Guerreau (1980) pour un résumé critique de ce travail selon une perspective également marxiste par un historien-chartiste.

²¹ Bernard Rosier, aujourd'hui décédé, était professeur à Aix Marseille II. Pierre Dockès est professeur à Lyon II où il a été directeur du centre Analyse-Epistémologie-Histoire (AEH), où se trouvait également Jacques Henri

« Notre but est essentiellement de comprendre ce phénomène qu'est la « crise » contemporaine de la fin du XX^e siècle (..) Une telle entreprise nous paraît devoir s'appuyer sur un recours à l'histoire, seule méthode qui permette de repérer les permanences (ce qui se produit) et les changements (ce qui se transforme au cours du processus de reproduction) (..) Il faudrait écrire un « manifeste » pour une histoire de l'économie qui ne soit pas une « histoire économique », pour une histoire du changement social qui ne soit pas une « histoire sociale », pour une analyse de la société contemporaine et de ses évolutions potentielles qui ne fasse pas l'économie de l'histoire, mais qui suppose une « économie » de l'histoire, c'est-à-dire une recherche des lois de composition et d'évolution des structures sociales, en particulier des relations entre changement social et développement de la puissance productive des hommes en société » (op.cit. p.17-18)

Ce manifeste, ils l'ont finalement réalisé en 1991. L'article approfondit les quatre thèmes avancés dans l'introduction du numéro spécial, que l'on a présenté *infra* (page 5) : (1) historiciser les concepts, (2) sortir de l'opposition singulier-général, par des théories plus spécifiques, (3) prendre en compte la *dépendance du chemin*, (4) identifier la part des innovations spécifiquement humaines dans l'évolution économique

Sur l'emboîtement de théories situées à différents niveaux d'abstraction (de généralité) et sur l'historicité des concepts :

« En histoire, la part des théories universelles - dans la mesure - où elles le sont des sciences naturelles est limitée ; mais, en revanche, il faut recourir à un emboîtement de théories de généralités variables : des théories relativement générales valident dans telle société particulière, des théories beaucoup plus conjoncturelles des théories trans-historiques, moins affûtées du fait de leur grande généralité. Et l'explication du singulier suppose non seulement le recours à des concepts spécifiques mais un emboîtement de concepts depuis les concepts trans-historiques, nécessairement vagues, jusqu'aux concepts valides, pour tel ordre productif ou telle situation précise. » (Dockès, Rosier 1991 p. 191).

Jacot (Jacot, 1976). Il est actuellement membre du Centre Auguste et Léon Walras, avec Christian Le Bas, spécialiste du changement technique (Le Bas, 1991). Le pôle grenoblois était animé par G. Destanne de Bernis, qui a également participé à l'importation de la notion de régulation en économie (de Bernis, 1977). Pour un point de vue critique sur la version « grenobloise » de la régulation, cf. Boyer (1986, p.25).

Dockès, Rosier distinguent également deux approches possibles en économie historique : « *..on distinguera les théories statiques du fonctionnement d'un système historique (mode de production ordre productif) des théories évolutives (des dynamiques à horizons divers la aussi)* » (op.cit. p.191). Nous proposerons plus loin (section suivante et chapitre 1) une relation de complémentarité entre une approche en terme de « *régime* » et une approche par les *processus historiques*. S'il y a similarité, il n'y pas recoupement exact. Premièrement, notre notion de *régime*, héritée en particulier de l'école de la régulation²², n'est aucunement « statique », mais se donne précisément pour objectif de formaliser les dynamiques *normales* associées à un mode de régulation (ou *en régime* pour Billaudot, 1996, 2000). Deuxièmement, notre approche des processus historiques est plus proche du programme de David-Foray qui vient d'être évoqué que de l'ancienne tradition d'étude des mouvements longs²³ à laquelle se rattachent encore Dockès, Rosier (1983), même si l'ancienne notion de cycle est judicieusement remplacée par la pluralité des rythmes économiques, dans une filiation très braudélienne²⁴.

Une distinction est également proposée entre les actes intentionnels des individus et leurs possibles conséquences involontaires, par effet de composition à la Elster (1983, 1986) : « *les évènements singuliers globaux, résultat de l'action de nombreux individus - souvent résultat non voulu, évènements qui ne se comprennent que dans le cadre d'un système global, d'institutions particulières - seront distingués des « micro - évènements intentionnels » où le fait est la décision d'un individu.* » (op.cit. p. 191). Les processus historiques sont donc pour ces auteurs ni « *marche finalisée* », ni « *marche au hasard* » : « *il y aurait plutôt une*

²² Cf. supra, chapitre 1, en particulier § 1.1.1 et encadré 1 pour l'Ecole de la Régulation, et § 1.2.3. pour la présentation des régimes de croissance régulationnistes et de nos régimes sectoriels de développement

²³ cf. Bosserelle (1994), pour une revue de cette littérature, dont L.Fontvielle est le grand spécialiste français de ce domaine (Fontvielle, 1976 ; Vasco, Ayres, Fontvielle, 1990). Les mouvements longs intéressent également certains régulationnistes (Vidal, 1989), qui restent cependant critique sur les notions de cycles et de lois tendancielle (Boyer, 1986, p.22)

²⁴ Braudel (1958) a proposé une architecture temporelle à trois niveaux qui « casse l'unité de la durée » (Dosse, 1987). Elle s'organise autour de trois temporalités, ou rythmes différents : l'évènementiel qui correspond aux « agitations de surface », le conjoncturel, qui se constitue en « lames de fond » et enfin la longue durée, caractérisée par la « quasi-immobilité » des grandes profondeurs. C'est le « temps du monde » (Braudel, 1985). Les historiens économistes, en particulier ceux qui ont été formés à l'influence du marxisme insistent sur le lien entre conjoncture et structure, comme par exemple Vilar (1972) : « la conjoncture ne se crée pas ; elle révèle, en les rendant plus aiguës, les contradictions de la structure » cf. également : « Les difficultés spécifiques de l'analyse des fluctuations longues » in Bouvier (1989).

« démarche ambiguë », où les pas successifs ne sont pas orientés par une finalité, mais où chaque pas est logique, influencé par le parcours passé, mais non déterminé, et redéfinit le chemin parcouru. » (op. cit. p.202).

L'identification et la reconstruction rationnelle de « systèmes étapes » doit être un objectif majeur pour l'économie historique :

« Une des tâches majeures de l'historien est la reconstruction générale du système de relations qui caractérisent une époque, de la spécificité de ses caractères majeures aux différents niveaux articulés du social, il va tenter d'expliquer le fonctionnement de cette société, une logique globale de la situation. » (op. cit. p.193)

La conception de la structure proposée pour ces « systèmes étapes » n'est pas statique, mais génétique au sens de Piaget (1968). Par contre la difficulté fondamentale, liée à la transition entre structure²⁵ ne semble pas évoquée :

« Le système - étape peut être mis en relation avec les facteurs de son émergence, avec les logiques de développement qui en émergent, qu'elles se fassent au sein de ces structures ou qu'elles entrent en contradiction avec elles, conduisant à une crise de l'ancien système et à l'émergence d'un nouveau. La démarche structuraliste ne s'oppose pas à une analyse généalogique et les directions données par Jean Piaget restent fondamentales. » (op. cit. p.195).

C'est cette dimension génétique, qui relie la structure avec les conditions de son émergence, comme avec les phénomènes qui en émergent, qui distingue selon ces auteurs, leur approche de celle des régulationnistes, jugée plus « statique » : « Généralement le courant régulationniste apparaît relativement sceptique, préférant analyser ces « plaques » historiques (et donc nationales) que sont les systèmes-étapes ou les modes d'accumulation que d'aborder une « tectonique des plaques »²⁶ » (op.cit. p.203). La posture adoptée ici par

²⁵ Cette question difficile sera développée dans le chapitre 1. Pour Piaget, la connaissance des deux structures (de départ et d'arrivée) est nécessaire pour expliquer la transition ; En psychologie génétique, cela ne pose pas de problème majeur, puisque l'on connaît les différentes structures cognitives qui s'enchaînent. Par contre, si on veut appliquer les principes du structuralisme génétique aux structures économiques et sociales, seule la rétrodiction ne pose pas problème. Pour une trajectoire future, le domaine de validité des prédictions sera conditionné par la validité des projections qui pourront être faites sur la structure d'arrivée.

²⁶ Il s'agit d'une référence à Boyer, Malgrange, (1989). Les régulationnistes ne sont pas les seuls à mettre principalement l'accent sur les structures préférentiellement à la question de leur genèse, plus difficile à traiter.

Dockès, Rosier nous situe à mi-chemin entre la tradition des historiens économistes marxisants (*les sociétés et la conjoncture de leur structure*), et une approche évolutionniste qui déplace le problème vers les modalités de la transition structurelle. On peut noter de ce point de vue une appropriation explicite de la notion de paradigme²⁷ dans Dockès (1993), et la vision de la lenteur de pénétration des innovations majeures, en complet accord avec la vision de Clark, Freeman, Soete (1982)²⁸. Pour terminer avec cette approche singulière de l'économie historique, la dimension *conflictuelle* est placée au centre de la dynamique évolutive²⁹. Elle en est même le moteur :

« Les conflits sociaux, politiques, les conflits économiques, ceux qui se développent au sein des entreprises et des institutions scientifiques, etc., jouent un rôle considérable dans l'émergence et le façonnement des innovations à travers des modalités sociales de régulation à la fois des conflits et des innovations, modalités que chaque société se donne qui varient dans le temps et dans l'espace. Et les innovations font surgir d'autres conflits, en éteignent certains, les déplacent » (op.cit. p.198)

Au total, le cadre ainsi proposé est à la fois beaucoup plus général, mais moins clairement formalisable que celui du programme David-Foray. Il manque cependant de précision sur un grand nombre de points. La critique adressée au régulationnistes sur leur scepticisme relatif à la « *tectonique des plaques* » est bien fondée, mais la référence au structuralisme génétique de Piaget est en soi insuffisante pour concevoir les outils conceptuels et formels nécessaires à

Ainsi par exemple Godelier (1966) souligne « la priorité de l'étude des structures sur celle de leur genèse et leur évolution », principe suivi par Marx lui même dans le Capital, où il commence par la théorie de la valeur.

²⁷ Son emploi en économie est discutée supra, chapitre 1, § 1.2.2.

²⁸ « *Si les innovations majeures sont et produisent des mutations, elles doivent généralement être mises en relation avec la brusque cristallisation des transformations lentes, des changements sourds et plus ou moins continus qui les ont préparées, avec toute une maturation mentale, sociale, économique et technique. Ces ruptures spectaculaires sont préparées souterrainement, elles peuvent souvent être analysées comme « des effets de seuil » ou comme la formation progressive d'une « masse critique »* ». (Dockès, Rosier 1991 p.198)

²⁹ Par opposition à l'approche de la régulation, qui sans négliger le rôle des conflits, (ils sont par exemple au cœur du rapport salarial), se concentre plutôt sur les compromis institutionnalisés qui « *en normalisent les termes* ». On peut y voir une attention plus grande accordée à la perspective post-keynésienne, en particulier kalékienne (Boyer, 1986, p.24-25). Un critique américain a d'ailleurs souligné la prédominance des éléments cumulatifs sur les éléments conflictuels dans cette tradition « *few contradictions, too much cumulations* »

l'importation effective de cette notion dans les sciences sociales³⁰. Autrement dit, le scepticisme en question pourrait être justifié par quelque(s) difficulté(s) de mise en œuvre sur lesquelles nous reviendrons. Le décors d'ensemble du drame ayant cependant été posé, il nous reste à organiser les jeux d'acteurs selon un principe qui met ceux-ci en accord avec celui là. Le programme institutionnaliste de Hodgson (2001) va nous fournir quelques briques supplémentaires pour construire notre édifice.

0.2.3. Le programme institutionnaliste et évolutionniste de Hodgson

Dans un ouvrage récent intitulé « *Comment l'économie oublie l'histoire* », Hodgson (2001) propose de dépasser la conception universaliste / réductionniste de la démarche scientifique largement admise chez les économistes. En effet, la recherche d'« *explications unifiées* » a conduit à rejeter toute contingence au point de renoncer dans une large mesure à produire des *théories correspondant à des situations spécifiques*, socialement, historiquement ou géographiquement situées.

Même lorsque la multiplicité des configurations possibles permet, comme c'est le cas avec la Nouvelle Economie Industrielle (Jaquemin, 1985 ; Tirole 1988), de s'adapter à de nombreuses circonstances très spécifiques, les hypothèses de base de la plupart des modèles (par exemple les axiomes de rationalités, les préférences exogènes et déterministes...) sont communes (sans dimension historique ou culturelle) et la théorie ne revendique pas explicitement un pouvoir explicatif localement situé pour les modèles considérés.

Hodgson ne propose pas de rejeter toute démarche théorique ou généralisatrice, mais d'adopter une *démarche plus sophistiquée*, qui tienne compte des limites d'une approche strictement unificatrice pour *intégrer des éléments contingents* lorsque cela peut permettre la *compréhension* de situations spécifiques. Une telle démarche pourrait être obtenue, comme on le verra plus loin, par une réflexion sur l'articulation entre les différents niveaux d'abstraction nécessaires pour rendre compte des phénomènes réels.

Hodgson critique la distinction qui a pu être faite entre les sciences dont l'objectif serait de produire des résultats du plus grand degré d'universalité possible et les sciences dont l'objectif serait de rendre compte des situations ou de phénomènes particuliers. Il rappelle

³⁰ Cette référence, comme le programme associé, figure d'ailleurs déjà dans Phan (1983)...Mais poser un problème n'est pas le résoudre.

qu'une telle distinction a été proposée par exemple par le néo-kantien Rickert (1901) dont on a vu qu'il avait repris l'opposition introduite par son confrère Windelband entre les sciences « *nomothétiques* » - (qui cherchent à dégager des lois) - et les sciences « *idiographiques* » - (dont la finalité reste largement descriptive). Pour Hodgson, lorsqu'ils retiennent ce type de distinction, les économistes se situent clairement dans la première catégorie. Il considère également, comme tous les auteurs que nous avons cités dans la section précédente, que ces deux approches ne sont pas mutuellement exclusives, mais complémentaires. Pour lui, le choix des économistes de se reconnaître uniquement dans les sciences *nomothétiques* leur serait préjudiciable du point de vue de la spécificité historique³¹.

Hodgson souligne que la démarche *compréhensive* passe en particulier par la notion de *structure*, vue comme un *ensemble téléologique*, c'est-à-dire comme un ensemble tendant vers un objectif (une finalité). On sera amené à prendre quelques précautions avec une telle interprétation³². Cette finalité devient pour lui le principe organisateur de la multiplicité des phénomènes que l'on peut observer pour cette structure. Cette vision suffit, selon lui, à rejeter l'opposition entre sciences *nomothétiques* et sciences *idiographiques*. Cette position conforte la thèse de (Aron, 1938a). Pour ce dernier en effet, si l'on voit la société comme une structure, alors : « *les relations entre phénomènes, loin d'être opaques à l'intelligence, sont compréhensibles. Et les événements pour être compris, doivent être insérés dans des totalités, ce qui contredit à la fois la prétention d'expliquer les faits par des lois comparables à celles de la physique et la tradition du simple récit* ».

Cette complémentarité entre le général et le spécifique ne concerne pas que les seules sciences humaines et sociales. Selon Bunge (1998) *toutes les sciences* doivent être considérées à des degrés divers *comme à la fois nomothétiques et idiographiques*. L'argument structuraliste évoqué plus haut au sujet de la distinction proposée par Dilthey renvoie de plus à un autre problème, lui aussi transversal : la limite de l'approche « *réductionniste* » dans les sciences. Nous avons vu en introduction que certains systèmes déterministes, dotés d'une structure simple, comme le *jeu de la vie*, pouvaient produire des phénomènes complexes qui pouvaient être compris, mais non *réduits* à des lois générales. Comme il s'agit là d'un problème

³¹ Nous avons déjà vu *infra*, p.9 (et note 9) que c'était également la position de Schumpeter (1954) qui trouvait cette distinction « *totale irréaliste* » dans le cas de l'économie.

³² On discutera plus loin des risques pour l'analyse *morphogénétique* d'une interprétation fonctionnaliste des structures comme « *ensemble téléologique* ».

caractéristique de l'approche artificielle par simulation de systèmes complexes, nous y reviendrons au chapitre IV, en gardant à l'esprit que pour Dupuy (1994) « *simuler, c'est comprendre* ».

Pour construire une approche économique qui prenne en compte la spécificité historique Hodgson (2001) fait une proposition qu'il décompose en huit points ;

1. La science ne peut être seulement l'analyse ou la description de particularités empiriques. Que ce soit de manière explicite ou tacite, les descriptions elles-mêmes peuvent toujours être rattachées à des théories ou des concepts préalables.
2. La science ne peut exister sans quelques propositions et principes généraux ou universels. Les explications unificatrices et les généralisations qui mettent en évidence des mécanismes causals (réels) sont les véritables buts de la science.
3. Cependant, les théories générales des phénomènes complexes sont toujours des simplifications très limitées, en grande partie parce que la complexité et les limitations calculatoires interdisent le développement d'une théorie vraiment générale.
4. Unification et généralisations dans les sciences sociales fournissent un puissant cadre conceptuel, mais celui-ci échoue à discriminer ou expliquer les particularités concrètes.
5. Dans les sciences sociales, les théories générales ont un pouvoir explicatif significatif uniquement dans le cas où des hypothèses additionnelles et spécifiques sont postulées.
6. Pour rendre compte de systèmes (socio-économiques) complexes, nous avons besoin d'une combinaison de concepts généraux, de propositions et de théories spécifiques qui se rapportent au système particulier ou au sous-système considéré.
7. Les propositions ou théories les plus puissantes et les plus informatives en Sciences Sociales sont celles qui proviennent d'un domaine spécifique d'analyse pour lequel elles ont été conçues, tout en étant guidées par des cadres d'analyse et des principes (plus) généraux.
8. Les sciences sociales doivent combiner des principes généraux avec des théorisations appliquées à des domaines spécifiques. Ceci implique d'opérer à *différents niveaux d'abstraction*. Une *méta-théorie* philosophiquement fondée doit décrire (adresser) les relations entre ces niveaux d'abstraction.

Plus spécifiquement, Hodgson propose cinq niveaux d'abstraction emboîtés pour les sciences sociales. Au *premier niveau*, on trouve les *systèmes complexes en général*. Ce niveau

correspond à des propriétés d'un grand degré d'universalité, d'une validité interdisciplinaire. Hodgson cite les catégories suivantes : « *variété, répllication, sélection, dépendance historique du chemin, rareté des ressources physiques, auto-organisation, structures dissipatives* ». Il conviendrait de discuter du degré comparé d'universalité de ces principes. On se limitera pour l'instant à poser la question de l'opportunité de scinder ce premier niveau en deux pour identifier les caractéristiques spécifiques au monde vivant et au monde physique, et celles qui sont communes à ces deux domaines. Il semble, de notre point de vue, qu'une limite de la vision propre à Hodgson dans ce domaine est liée à son absence de pratique de la formalisation directe de ces divers phénomènes. Pour notre part, nous aurions mentionné à ce niveau d'autres notions plus formelles et peut être plus génériques qui seront présentées au chapitre IV, comme : loi de puissance³³, attracteur d'un système dynamique, brisure de symétrie, phénomènes critiques, émergence etc...

Au *second niveau* d'abstraction, on trouve tout ce qui peut caractériser les sociétés humaines dans leur ensemble : les structures sociales, les institutions, la culture et le langage, la cognition, les coutumes, la socialisation... Au *troisième niveau* Hodgson situe les *sociétés complexes* que l'on qualifie de « *civilisations* ». Celles ci se dotent d'institutions spécifiques, comme la loi, la propriété, les contrats, l'organisation des échanges marchands, les états etc...

Au *quatrième niveau*, (« *type spécifique de formation sociale complexe* ») Hodgson spécifie des types de civilisation comme l'antiquité (?), le régime féodal, le capitalisme ... Le *cinquième niveau* d'abstraction est dédié à l'étude des *formes variées* que prennent chacun de ces types spécifiques dans le temps ou dans l'espace, comme par exemple les formes du capitalisme.

³³ Nom générique donné à des distributions de probabilité dont la densité est de la forme $f(x) = a \cdot x^{-b}$, (loi de Pareto). La répartition des revenus et de nombreux phénomènes physiques peuvent être approximés par ce type de distribution où l'on a souvent des rapports de type « 20/80 » (20% des individus touchent 80% des revenus). Pour $a = b = 1$ on trouve une « loi de Zipf », qui décrit la fréquence des mots dans le langage. Ce type de lois possède deux caractéristiques. Premièrement, le carré de la variable aléatoire n'est pas intégrable pour les valeurs de $b \leq 3$, ce qui signifie qu'on ne peut pas calculer la variance (elle devient infinie quand b tend vers 3). Deuxièmement, à la fin des années cinquante, Benoît Mandelbrot a proposé de décrire la distribution des revenus au moyen d'une loi de Lévy qui a la propriété d'être stable par addition (on parle aujourd'hui de distribution « L-Stable ») et qui tend vers une loi de Pareto quand x devient grand. La classe des lois L-Stables est très générale puisque la loi de Normale et la loi de Cauchy en sont des cas particuliers (Mandelbrot, 1997).

Pour illustrer cette hiérarchie, les modes de production du marxisme (esclavagisme, mode de production « asiatique », féodalisme, capitalisme) se trouvent au quatrième niveau, alors que les « stades » du capitalisme (l'impérialisme - Hilferding, 1910 ; le capitalisme monopoliste - Baran, Sweezy, 1966) se trouvent au cinquième niveau, tout comme les régimes de régulation régulationnistes. Indépendamment du découpage des niveaux proposés par Hodgson, *l'intérêt de cette hiérarchie des niveaux d'abstraction, est de pouvoir utiliser un certain nombre de propriétés génériques des niveaux les plus élevés*³⁴ pour caractériser des situations particulières, en particulier dans leur *spécificité historique*, sans que cela puisse être considéré comme une manipulation *ad hoc*. Selon cette perspective, un *équilibre économique* est une caractérisation particulière d'un niveau d'abstraction plus faible que la notion *d'état d'un système dynamique*, qui relèverait du premier niveau. Son degré de pertinence dans un cas précis sera donc conditionnel à la spécification complète de ses caractéristiques, en adéquation avec le degré de détail requis pour le niveau d'abstraction où l'on se situe.

Pour revenir à la logique de l'intégration entre ces niveaux d'abstraction, c'est ce dernier point qui pose en fait problème, en particulier pour la majorité des travaux émanant des écoles historiques ou institutionnalistes :

« It is openly accepted here that the best of modern social science involves theorising that combines some general principles with a specific domain of analysis. The trouble however is that typically the meta-theoretical bases for such combinations are inadequately articulated. » (p. 40)

C'est donc dans cette direction que nous prendrons pour présenter et discuter de manière constructive les enjeux sous-jacents à nos travaux publiés entre 1991 et 2000. Mais auparavant, il est nécessaire de se donner un cadre théorique minimal pour présenter plus précisément notre propre notion de ce que peut être une *économie historique*.

0.3. Conceptualiser et formaliser les dimensions historiques des phénomènes économiques et sociaux.

Comme nous l'avons vu, les économistes négligent le plus souvent *deux dimensions historiques importantes des sociétés humaines* qu'ils se proposent d'analyser.

³⁴ D'une *classe d'universalité* plus élevée, dirait un physicien

Il s'agit d'abord de la *spécificité historique des formes structurelles (sociales)* dans lesquelles les choix humains s'effectuent souvent de manière contingente. C'est la majeure partie du programme de Hodgson. Mais ce programme peut intégrer les acquis d'un ensemble d'autres démarches comme la théorie de la régulation ou les approches évolutionnistes par les *paradigmes technologiques* et les *systèmes socio-techniques*, sans oublier la notion de *système technique*, proposé par l'historien Bertrand Gilles. Celles-ci ont en commun d'identifier et de caractériser un état « *normal* » de l'ensemble *des formes structurelles considérées*. Celles-ci seront examinées de manière critique à la fois d'un point de vue conceptuel et à l'épreuve des faits, à travers des études menées ces dix dernières années sur les secteurs de l'automobile, des télécommunications et de l'informatique.

Afin de trouver un dénominateur commun à ces approches, on désignera par « *régime* » une *représentation théorique contingente, historiquement repérable, d'une configuration structurelle (sous ses aspects institutionnels, organisationnels et éventuellement technologiques) suffisamment stable pour que ses caractéristiques économiques (en particulier sa dynamique « normale ») puissent être étudiées indépendamment des conditions historiques de leur genèse.*

La seconde dimension, qui se situe à un niveau d'agrégation (et d'abstraction) moins élevé porte plus spécifiquement sur l'*historicité des processus économiques et sociaux* (programme de David) qui résultent des *choix individuels contingents* à la fois aux *formes structurelles* (institutionnelles, organisationnelles, techniques) dans lesquelles s'inscrit l'action et aux *représentations de la société* que se font les agents.

0.3.1. La spécificité historique et l'approche par les régimes

La notion de *régime* définie comme *une représentation théorique contingente, historiquement repérable, de la dynamique « normale » d'une configuration structurelle* sera appliquée par la suite à *des configurations d'ampleur diverses* et non restreintes au seul niveau macroéconomique. La relative généralité de la *méthode* qui consiste à *identifier* et à *caractériser* des *régimes* dans le *temps*, l'*espace* et selon les *niveaux d'activité* des sociétés humaines n'interdit pas de proposer des cadres génériques adaptés aux niveaux d'activité considérés. On a introduit par exemple la notion de « *mode de développement sectoriel* » (Phan, 1996, et § 1.2.) pour définir un domaine d'analyse dynamique dont le *régime de développement* peut être associé à la définition d'un *périmètre sectoriel d'activité*, ce qui

permet de discuter des conditions d'insertions du régime ainsi défini dans son environnement, en particulier macroéconomique.

La *caractérisation d'un régime* procède soit d'une démarche qualitative comme la description des principes de « *l'ancien régime des télécommunications* » soit d'une formalisation explicite comme équilibre d'un modèle standard spécifique, historiquement situé (régime d'organisation technico-économique du Minitel, ou modèle de régulation incitatif de l'interconnexion lors de l'ouverture d'un monopole à la concurrence).

Certaines configurations pourront ainsi être *emboîtées* les unes dans les autres, comme par exemple le marché français des services télématiques du « *Kiosque* » (3.1.2) qui est contenu dans le secteur industriel des télécommunications française. D'autres configurations pourront se « recouvrir » partiellement comme le régime macro-économique dominant d'un pays comme la France et le régime mondial de l'industrie des télécommunications qui sera caractérisé avec ses variantes et ses principes communs (2.1.2.). Il y a alors inter-dépendance (pas nécessairement symétrique) entre les régimes considérés. Dans certains cas, les spécificités nationales l'emportent, comme dans le cas de l'industrie automobile au Royaume Uni qui résista jusqu'à sa quasi-disparition aux principes de la production « *fordiste* » importés des Etats Unis (Lewchuk, 1987). Dans d'autre cas, les règles du jeu en vigueur au niveau mondial sur des marchés ou dans des industries spécifiques peuvent s'imposer, ce qui est souvent le cas pour les petites économies ouvertes ou les économies moins développées (2.2.2. pour les télécommunications dans les pays d'Europe Centrale), mais cela ne signifie pas nécessairement que le mode de régulation macroéconomique lui-même sera affecté³⁵.

Bien entendu, la notion de *régime* est une *abstraction* utilisée pour la commodité de l'analyse. Dans la réalité, les effets des *relations réelles* décrites par ces régimes se superposent « *comme les tuiles d'un toit* » (Bouvier, 1987). Nous verrons que la *persistance*, en particulier des représentations mentales³⁶ (§ 2.3.1), mais aussi des institutions (Favereau, 1991) joue un rôle central dans ces phénomènes *d'interdépendance temporelle entre régimes*. La légitimité de cette démarche d'abstraction dépend bien entendu de *l'autonomie relative* de la

³⁵ C'est par exemple le cas pour la Belgique entre les deux guerres étudié par Cassier (1989).

³⁶ Labrousse disait que : « *le mental retarde sur le social, lequel retarde lui-même sur l'économique* »

configuration considérée³⁷, qui peut être considérée comme une condition nécessaire pour identifier de tels régimes.

0.3.2. L'historicité des processus économiques et sociaux : une perspective qui doit intégrer le rôle des acteurs, des apprentissages et des formes de la socialisation.

Les approches qui revendiquent une *spécificité historique* pour les *formes structurelles* qui encadrent les comportements économiques ont généralement un discours sur la *dimension historique des processus* (au sens de David). En particulier, le lien entre les *irréversibilités* de toutes natures et l'historicité des phénomènes a été bien perçu (Boyer, Chavance, Godard, 1991). Par contre, l'implication des chercheurs dans ce second programme est très inégale selon les individus et selon les approches d'origine. Deux raisons (au moins) peuvent être évoquées.

Premièrement, une hostilité de principe assez forte, en particulier chez les institutionnalistes, vis à vis de l'*individualisme méthodologique* représente un obstacle méthodologique important dans la mesure où une prise en compte plus explicite du comportement des acteurs est un des moyens qui permet de rendre compte de la *dimension historique des processus*. Par ailleurs, la comparaison entre la version simpliste de l'individualisme méthodologique largement répandue en économie³⁸ et la complexité des phénomènes sociaux³⁹ renforce la

³⁷ Sur la liaison entre l'*autonomie* et la « *fermeture* » du système considéré, cf. Varela (1979). Sur l'emploi de la notion d'*autonomie relative*, cf. Cot, Mounier (1974).

³⁸ Il s'agit de l'agent représentatif ; pour une critique, cf. Kirman, 1992a

³⁹ Cette complexité peut être attribuée à la fois à des *aspects cognitifs* (formes de la rationalité, apprentissages, traitement de l'information, motivation des agents) et à des *aspects architecturaux* (l'emboîtement des « *unités actives* » (Perroux, 1975, 1994) et donc des niveaux d'analyse généralement éludés par les modèles économiques. Ce problème est connu en *vie artificielle* sous le nom de « *pyramide de la complexité* » : un ensemble d'éléments formant système à un niveau peut être représenté à un niveau supérieur comme un seul élément, lui-même partie d'un système plus grand (cf. Heudin, 1998 ; et plus généralement Simon, 1981). Dans un tel empilement, de nombreux phénomènes non triviaux peuvent apparaître comme par exemple dans les modèles de vote hiérarchiques de Serge Galam (1986, 1990, 1999) inspirés des techniques de renormalisation en physique (et des travaux de Moscovici 1979, 1984, cf. également Galam, Moscovici, 1991 et Galam, Gefen, Shapir, 1982), ou des minorités actives peuvent prendre (ou contrôler) le pouvoir par simple effet d'agrégation. La pratique du « centralisme démocratique » est sans doute un bon exemple réel pour discuter de la portée sociale de ce type de mécanisme de contrôle, associé à une architecture spécifique.

défiance des holistes fondamentalistes dans leur conviction contre tout ce qui peut ressembler à de l'individualisme méthodologique.

La prise en compte de la dimension de *processus historique* des phénomènes économiques et sociaux apporte d'autres ouvertures. Vers la sociologie économique et la psychologie sociale d'abord, avec l'apport des travaux sur l'influence sociale et les réseaux sociaux. De ce point de vue, la réflexion des sociologues sur les limites d'une conception « étroite » de l'individualisme méthodologique est beaucoup plus avancée que celle des économistes. Cela pourrait être attribué à une inversion des rapports de force dans les deux professions. Compte tenu du fort ancrage de la sociologie dans le holisme, en particulier en France avec la tradition de Durkheim et le poids de Bourdieu, l'individualisme méthodologique a dû prendre des aspects « sophistiqués » pour se faire admettre⁴⁰ (Boudon, 1979, 1984, 1986).

Deuxièmement, les différentes manières de formaliser les interactions sociales et les processus de communication, d'influence et d'apprentissage font appel à des outils qui n'appartiennent pas (ou peu) à la trousse de l'économiste : processus stochastiques, champs aléatoires, réseaux et graphes de tous types, algorithmes génétiques et systèmes de classifieurs (Holland, 1975, 1986) logiques pour l'intelligence artificielle et simulations informatiques, modélisation objet... De ce point de vue, les chercheurs en intelligence artificielle, théorie de la décision, physique statistique et physique de la matière condensée, ou encore ceux qui font des modèles pour la finance de marché disposent d'atouts non négligeables. Mais on doit aussi mentionner la sociologie formalisée (*Journal of Mathematical Sociology*) ou encore la science politique (Axelrod, 1984, 1997, Axelrod, Cohen, 1999) qui semblent également disposer d'une certaine avance dans ce domaine sur les économistes. Du côté de ces derniers, plusieurs exceptions cependant. Du côté de la *théorie standard étendue*, certains sont assez loin dans l'exploration des *frontières*. Aux Etats Unis, il s'agit d'abord de tous les auteurs qui publient dans la collection « *Economic Learning and Social Evolution* »⁴¹ ; entre ces derniers et les évolutionnistes, on fera une mention spéciale pour Samuel Bowles et Herbert Gintis,

⁴⁰ L'historicité des conditions de fonctionnement de la recherche académique joue certainement un rôle crucial dans cette affaire : par exemple, la domination de Durkheim et de ses proches à certainement contribué à l'effacement relatif des travaux de Gabriel Tarde qui connaissent par ailleurs un regain d'intérêt dans la période récente (Tarde, 1900).

pilliers de l'approche SSA (Structure Sociale de l'Accumulation) qui travaillent activement à Santa Fe, ou l'on trouve également Brian Arthur et David Lane. Pour les modèles multi-agents, on peut mentionner également Leigh Tesfatsion, Robert L. Axtell et Joshua M. Epstein. On peut ajouter un institutionnaliste - évolutionniste australien proche d'Hodgson, Jason Potts (2000)

En Europe, il s'agit surtout des évolutionnistes réunis à Pise autour de Giovanni Dosi, Luigi Marengo, mais aussi de ceux, assez nombreux, surtout en Allemagne et en Suède, mais aussi en Espagne et au Royaume Uni qui font des jeux évolutionnaires. En France, plusieurs pôles sont concernés : le GREQAM à Marseille avec en particulier Alan Kirman et Jean Benoit Zimmerman, les membres du GDR d'économie cognitive, le CREUSET à Saint Etienne, le BETA à Strasbourg. Finalement, même Jean Tirole à l'IDEI de Toulouse s'intéresse à ces questions, avec la complicité de Roland Benabou (Battaglini, Benabou, Tirole, 2001)...

Pour illustrer à la fois l'attraction et les résistances suscitées par ces nouvelles méthodes, on insistera plus particulièrement sur le cas de *l'école française de la régulation*⁴², que l'on discutera plus en profondeur dans le chapitre I. Celle-ci s'est limitée le plus souvent à une approche strictement holiste, malgré quelques exceptions notables⁴³. On montrera qu'elle

⁴¹ Samuelson, 1997 ; Fudenberg, Levine, 1998 ; Binmore, 1998 ; Durlauf, Young, 2001 (collectif avec en particulier la participation de Blume, Glaeser & Schenkman, Axtell & Eptstein, Bowles). On peut citer également Young (1998) dans une autre collection.

⁴² Cf. Chapitre 1, Encadré 1 pour une présentation rapide et sections 1.1.3., 1.2.3, et 1.3.1 pour une discussion approfondie

⁴³ Selon Olivier Favereau, interviewé par Dosse (1995) cela serait lié à la filiation marxiste : « *les régulationnistes ne veulent pas couper le cordon ombilical avec le marxisme et de ce fait n'osent pas poser un certain nombre de questions théoriques* ». On notera que la filiation marxiste n'est ni la seule, ni la principale à laquelle se rattachent les régulationnistes : la filiation post keynésienne peut également être considérée comme une source d'attachement au holisme méthodologique. On pourra cependant s'accorder avec Favereau sur la résistance du « *cordon* » : les travaux de Boyer, Orléan (1991,1992, 1993, 1994a, 1994b) qui utilisent les jeux évolutionnaires ont été reçus avec un certain scepticisme par certains régulationnistes (cf. également, Bowles, Boyer 1988). Depuis un certain nombre d'avancées ont été faites, en particulier en direction des travaux de sociologues qui professent un holisme bien tempéré (Giddens, 1984), ou un interactionisme structuraliste (la sociologie des réseaux de Granovetter, 2000, cf. également Burt, 1992, 1995) comme on peut le voir à la lecture de Billaudot (1996, 2001) ou de Reynaud (1999). Il semble que le rôle d'André Orléan, situé *sur les frontières* (CREA, Conventions, Economie Cognitive) soit particulièrement moteur pour l'ensemble de ces questions. A l'opposé, Elster, qui a commencé sa carrière par une thèse magistrale - mais à l'époque iconoclaste - sur Marx

rencontre alors de sérieuses limitations pour rendre compte des transitions structurelles. Plusieurs stratégies ont alors été mises en œuvre pour pallier cette déficience : le replis sur le périmètre macroéconomique originel (Billaudot, 2000⁴⁴), les alliances avec des approches théoriques considérées comme complémentaires : évolutionnistes (Coriat, Dosi, 1995), conventionnalistes (Faverau, 1993, 1995) ou l'investigation directe des approches en question (Boyer, Orléan 1991, 1992, 1993, 1994) et finalement le rapprochement ou la recherche d'alliances avec d'autres disciplines des sciences sociales (naturellement l'histoire : Boyer, 1989, 1991b, mais aussi la sociologie, par exemple dans Reynaud, 1999). Ces explorations dans de nombreuses directions ne vont pas sans contradictions⁴⁵ et ont rencontré des succès variables. On discutera en particulier les difficultés de la cohabitation entre historiens et économistes, à l'occasion des travaux sur l'automobile présentés au Chapitre I.

0.3.3. Spécificité historique des régimes et historicité des processus : deux dimensions complémentaires pour l'analyse des phénomènes économiques et sociaux.

Les deux dimensions historiques qui viennent d'être évoquées peuvent être considérées comme *interdépendantes*. En effet, si l'on considère un temps suffisamment long par rapport au problème considéré, on admettra que les *processus historiques localisés* contribuent à modifier la *configuration structurelle* dans laquelle ils se déroulent et en conséquence, la *spécificité historique* de cette dernière, en particulier en ce qui concerne les caractéristiques du *régime* qui décrit la *dynamique normale* associée à cette configuration.

La dynamique des structures peut donc être considérée comme un meta-niveau d'analyse qui intègre à la fois les conditions historiques d'émergence structurelle (*morphogenèse*) et de

(dirigée par Raymond Aron, cf. Elster, 1985, 1986) y a largement développé les bases d'un individualisme méthodologique sophistiqué (cf. également Elster, 1986, 1989a 1989b, 1990, 1991, 1995)

⁴⁴ Relativement aux promesses de Billaudot (1996).

⁴⁵ Par exemple, Coriat, Dosi (1995) considèrent avec Hodgson (1988) que les jeux évolutionnaires (utilisés par Boyer, Orléan, 1991, 1992, 1993, 1994a, 1994b ; cf. également Orléan 1996, 1997) « *tendent à réduire les procédures de cognition et d'apprentissage à des comportements d'auto-renforcement* ». En conséquence, cette approche « *est certainement trop restrictive et limitative pour prétendre abriter l'épaisseur d'une véritable analyse des institutions* » (op. cit. p. 510). Elle n'est donc pas jugée « cohérente » par ces deux auteurs avec la théorie de la régulation. Voir également les critiques de Lipietz (1990) sur les conventionnalistes, Delfalvard (1992) et le numéro spécial de la revue *Economie et Sociétés* (1997) consacré à *Régulation et conventions*.

stabilisation du système (*morphostase*), les propriétés génériques et spécifiques du système stabilisé (*régime*) et l'étude des conditions de son épuisement ou effondrement ultérieur (*crise*).

A - D'une économie industrielle « historique »...

Dans le domaine qui nous intéresse, *l'étude historico-économique de l'évolution des systèmes technico-économiques industriels* que sont l'industrie automobile ou les technologies de l'information et de la communication, les *données* sont (relativement) abondantes, même si les *faits signifiants* sont parfois insuffisamment connus. Ce n'est donc pas la *description historique* des « *contingences et des enchaînements* » qui ont gouverné l'évolution passée de ces structures qui pose problème. Il en va de même pour *l'analyse économique des régimes industriels dominants*, même si la *signification* de l'opération dépend, ici encore, de la manière dont les éléments du système sont « *stylisés* » et organisés entre eux. Le problème vient de *l'articulation dans une même représentation théorique cohérente de ces deux dimensions*. Sans prétendre résoudre ce problème (redoutable), on s'attachera ici à nourrir les réflexions théoriques et méthodologiques par un confrontation systématique avec les faits que la théorie permet de mettre en évidence, afin d'évaluer le plus ou moins grand degré de pertinence de la démarche considérée.

La majorité des travaux présentés dans les *deux premiers chapitres* portent ainsi sur la *dynamique des configurations structurelles*. On étudie ainsi théoriquement les conditions (historiques) d'un changement de régime, sous ses dimensions institutionnelles, organisationnelles ou encore technico-économiques. L'approche suivie combine narration des faits et arguments explicatifs. Il s'agit de rendre compte de l'influence (historique) des structures et des représentations passées ainsi que du chemin suivi sur l'issue du processus ; ou encore des modalités d'émergence et de consolidation de systèmes à partir de processus relativement indépendants, éventuellement issus de domaines d'activités originellement différenciés. Les chapitres trois et quatre décrivent un glissement progressif qui mène des outils formels de la théorie standard élargie vers un nouveau cadre d'analyse cohérent avec les projets de l'économie cognitive : la simulation d'apprentissages et d'interactions entre agents hétérogènes sur une plate-forme de simulation.

B - ...à la représentation des dynamiques historiques par des systèmes artificiels fondés sur des agents autonomes (ou systèmes multi-agents).

La construction de *systèmes artificiels fondés sur des agents autonomes* vise à abstraire des différents systèmes naturels des propriétés formelles analogues (Bonabeau, 1994). Cette approche repose sur l'identification des propriétés dynamiques (comme par exemple l'existence d'attracteurs) des interactions entre les agents (éléments du système) et des effets de ces interactions sur les agents eux-mêmes et sur le collectif qu'ils forment (phénomènes et structures émergentes). Il s'agit donc d'une approche qui peut être située au niveau le plus élevé d'abstraction dans la hiérarchie de Hodgson (2001).

La formalisation de ces interactions sous forme d'une *organisation* abstraite intégrant les interactions entre agents avec leurs effets individuels et collectif permet d'étudier les causalités formelles associées à ce système formel, à un haut niveau d'abstraction, indépendamment des contingences matérielles associées aux systèmes réels. Une spécification progressive des caractéristiques humaines puis historiques du système permet de voir dans quelle mesure l'enrichissement contextuel reste compatible avec des résultats génériques correspondant à des niveaux d'abstraction plus élevés. *L'expérimentation par simulations informatiques (in silico*, selon le mot de Paul Bourguine) est alors la voie privilégiée pour l'étude de ces systèmes artificiels. Une approche analytique n'est pas exclue a priori, mais elle se révèle souvent difficile à mettre en œuvre, et *l'exploration synthétique* au moyen de simulations informatique apparaît alors plus appropriée.

Le terme de « *société artificielle* » apparaît dans la littérature au début des années quatre vingt dix (Builder, Bankes 1991 ; Lane, 1993 ; Bankes, 1994 ; Gilbert, Conte, (eds.), 1995 ; Epstein, Axtell, 1996). Il désigne une extension aux sociétés humaines du programme de recherche qualifié de « *vie artificielle* » par Langton (1989, 1995, cf également Bourguine, Bonabeau, 1998). Une *société artificielle* est ainsi un *modèle informatique*, basé sur une *population d'agents artificiels* dotés de *règles de comportement* individuelles, qui *évoluent sur une structure abstraite*, support de leurs *interactions* et des autres caractéristiques de leur environnement. Dans ce type de modèle, la socialisation est un processus « *émergent* » qui résulte de l'interaction locale des agents sur la structure et qui contribue à l'organisation sociale (macroscopique) de cette structure.

Ces approches peuvent être rattachées à un programme plus large qui concerne l'étude des systèmes complexes adaptatifs (Holland, 1975, 1995, 1998, Holland, Miller, 1991). On peut trouver des *racines* à ces approches dans les travaux précurseurs de Joseph von Neumann sur

les automates auto-reproducteurs (von Neuman, 1966), ainsi que de Ashby (1956) et Wiener (1948) sur la cybernétique⁴⁶. Dans le domaine des sciences sociales, on peut rechercher des antécédents d'une part chez Simon, et d'autre part chez Schelling (1969) (1971) (1978), qui a été parmi les premiers à proposer des *modèles d'interactions sociales localisées* où des agents autonomes contribuent à *l'émergence de structures sociales* qui ne sont pas prédéterminées dans leurs règles de comportement ou dans leurs préférences, mais qui sont l'effet émergent de leurs interactions.

⁴⁶ L'approche de la cybernétique avait attiré l'attention de l'économiste polonais Oskar Lange (1965)

En chinois,
la notion de « *crise* »
se représente
par la juxtaposition
de deux idéogrammes.

le premier signifie :
« *danger* » (wēi)

le second représente
une « occasion » ou une
« opportunité »* (jī) ;

la part de « chance »
associée à toute crise ;

* pratiquement, ce second idéogramme,
associé à un troisième non représenté ici,
signifie « opportunité », mais également
« machine ».

« Economie, histoire : entre elles, que d'incompréhensions ! Leurs rapports, cependant devraient être des rapports d'aide réciproque » (Vilar, 1972).

Chapitre 1. De l'histoire économique et de la macroéconomie à l'économie historique : l'exemple de l'industrie l'automobile et ses enseignements théoriques.

Ce chapitre présente dans un premier temps un article à la fois historique et économique sur l'entreprise Renault entre les deux guerres (Phan, 1991). Cet article tente d'intégrer des méthodes héritées de « l'aile gauche » de la *tradition française d'histoire économique*, représentée ici par Jean Bouvier⁴⁷, avec une problématique et des méthodes inspirées de l'approche économique dite « de la régulation ». Il s'agit en particulier ici des travaux de Robert Boyer sur *la formation des salaires en longue période* (Boyer, 1978) et sur les *grandes crises* (Boyer, 1979)⁴⁸. Cet article sur Renault, intégré dans un numéro spécial de la revue historique *Le Mouvement Social*, intitulé « *Paradoxes français de la crise des années 1930* », reprend un certain nombre de résultats d'une étude plus large. Cette dernière comprend des résultats comptables, financiers et économétriques qui ne figurent pas dans l'article⁴⁹.

Après avoir résumé le contexte, la problématique et les principaux résultats obtenus dans l'article (1.1.1.), on insiste plus particulièrement sur les conditions d'évolutions sectorielles⁵⁰ des revenus salariaux dans l'entre-deux-guerres, ce qui permet de proposer une première illustration d'un certain nombre de phénomènes cognitifs et sociaux caractéristiques des *processus historiques de changement structurels* (1.1.2.), sur lesquels nous reviendrons de manière plus approfondie dans le chapitre II (consacré principalement au secteur des télécommunications). Une discussion amorcée sur les limites de l'exercice tenté dans cet article est étendue au problème des relations entre les économistes de l'Ecole de la Régulation

⁴⁷ Mais aussi des historiens d'inspiration marxiste comme Pierre Vilar, pour le discours sur la méthode (cf. aussi l'ouvrage collectif : *Aujourd'hui l'histoire*, Editions Sociales, 1974, ou les *Cahiers d'Histoire de l'Institut Maurice Thorez*). Dans le cas qui nous intéresse, il s'agit en particulier des travaux de Michel Margairaz (1975, 1979, 1982)

⁴⁸ On pourrait ajouter *l'introduction du taylorisme en France* (Boyer, 1983).

⁴⁹ « Renault 1922 -1939 : analyse financière et modélisation économétrique », *Document de travail ENSPTT* 1990. Certains résultats, comptables et économétriques ont été annexés dans le tome II de cette thèse.

⁵⁰ Métallurgie de la région parisienne

(encadré 1) et les historiens de l'économie, puis, plus généralement, à la *cohabitation conflictuelle* entre historiens et économistes (1.1.3.).

Pour dépasser la perspective un peu naïve (mais cependant féconde) de ce premier travail, les deux sections suivantes sont consacrées à *une recherche de fondements méthodologiques plus consistants pour fonder des études sectorielles d'économie historique*. Une partie des méthodes évoquées est appliquée dans le chapitre II sur les télécommunications, d'autres ont motivé le développement de la plate-forme multi-agents *Moduleco*, qui sera présentée au chapitre IV. La première étape de cette réflexion intitulée : « *de l'analyse historique à l'analyse économique comparative des systèmes historiquement identifiés* » (§ 1.2) repose sur une revue de littérature des notions qui ont servi à construire la grille des « *régimes sectoriels de développement* »⁵¹, qui sert de référence aux travaux présentés au chapitre II⁵². On y discute successivement de *l'analyse historique des systèmes techniques* de Gilles (1978) (1.2.1), puis de *l'analyse économique comparative des systèmes techniques*⁵³ (1.2.2). On propose ensuite notre propre cadre d'intégration avec les *régimes sectoriels de développement*, qui sont caractérisés relativement aux *régimes de croissance* (macroéconomiques) régulationnistes (1.2.3.)

La dernière section est consacrée à « *une première réflexion pré-conceptuelle sur la transition structurelle et la morphogénèse* » (§ 1.3). Une première sous-section porte sur les limites de l'approche comparative des formes institutionnelles et de leur crise et propose des pistes pour dépasser ces limites. On y trouve en particulier une discussion plus détaillée de l'articulation entre les notions de *régimes* et de *processus historique*, appliquée à la question de la dualité des crises et à la transition structurelle (1.3.1.). La section suivante reformule le débat entre *individualisme méthodologique* et *holisme* dans la perspective de la construction d'une *théorie des pratiques et de la socialisation* adéquate au projet de formalisation des processus d'*émergence* et de *morphogénèse*. Cette discussion, qui intègre un débat entre les approches sociologiques et économiques des comportements, débouche sur les enjeux de la prise en

⁵¹ Phan, 1996, annexe 1

⁵² La revue de littérature reprend en les remaniant un certain nombre d'éléments tirés de Dang Nguyen, Petit, Phan (1997) eux-mêmes tirés en partie du document qui a servi à introduire la première séance du groupe de travail METIC (Phan, 1992), sauf la contribution sur les systèmes nationaux d'innovation, due à Pascal Petit. La contribution sur les régimes de croissance est un mélange de la contribution de Pascal Petit et de Phan (1992)

⁵³ Régimes socio-techniques de Freeman, Perez (1986, 1988) et paradigmes technologiques de Dosi (1982, 1984)

compte des *réseaux sociaux et des interactions sociales*, ainsi que des *conséquences non-intentionnelles des choix individuels*, dans le cadre d'un *individualisme méthodologique sophistiqué* (1.3.2.). Une ébauche de cadre d'analyse d'ensemble inspirée par les principes du structuralisme génétique de Piaget (1968) est proposée dans la dernière sous section (1.3.3.). Implicite à certains travaux présentés dans le chapitre II, cette conception, ainsi que les modèles d'interactions et de réseaux sociaux est appelée à jouer un rôle important dans les travaux qui pourront être mis en œuvre avec notre plate-forme multi-agents, *Moduleco* (chapitre IV).

1.1. L'émergence du « fordisme » dans l'industrie automobile et l'étude des changements structurels chez Renault dans l'entre-deux-guerres.

La théorie de la régulation (TR - Encadré 1) désigne sous le terme de *régulation* l'ensemble des mécanismes concourant à la *reproduction* d'ensemble du système économique et social, en particulier les mécanismes dynamiques d'ajustement de la production à la demande. La TR met alors l'accent sur la *variabilité* dans le temps et dans l'espace de *la dynamique économique d'ensemble*, en relation avec la diversité et l'évolution des structures économiques et sociales : « *formes institutionnelles* » et organisationnelles.

La notion de *formes institutionnelle* joue un rôle central dans la TR. Elle permet de *qualifier les relations économiques et sociales dans leur spécificité historique*. Il s'agit d'un ensemble de règles diversement formalisées, qui résultent de *compromis sociaux* entre groupes antagonistes et qui guident l'action et favorisent la coordination. Elles se manifestent à trois niveaux suivant leur degré de formalisation : (1) les formes *publiques*, juridiques ou réglementaires ; (2) les *compromis privés* de type contractuels, que l'on considèrera comme *institutionnalisés* dès lors que leur degré de diffusion dans la société sera suffisamment significatif ; (3) les systèmes de valeur et représentations sociales, lorsqu'ils définissent des « *règles de conduites* » *conventionnelles*. Les régulationnistes accordent une importance particulière à cinq grandes formes institutionnelles (Boyer, 1986)

- Les *formes de la circulation monétaire*, qui agissent sur les conditions de la valorisation des produits et de la répartition de la richesse.
- Les *configurations du rapport salarial* : organisation du travail, formes d'implication et modalités d'insertion des salariés dans l'entreprise, déterminants du revenu salarial, mode de vie.
- Les *formes de la concurrence*, qui résultent des efforts des acteurs économiques pour infléchir les évolutions des marchés afin de s'assurer ou conserver des rentes de situation.

- Les *modalités d'insertion dans les échanges internationaux*, qui caractérisent les potentialités et les contraintes liées à la structuration de l'espace par les Etats-Nations et les activités plurinationales des entreprises, dont la conjonction définit des « aires stratégiques ».
- Les *formes d'intervention des pouvoirs publics*, et singulièrement de l'Etat.

Les travaux qui portent sur la France (Benassy & alii, 1977, 1978, 1979, Boyer, 1978, 1979) distinguent trois grands modes de régulation. La première dite *régulation à l'ancienne* correspond au fonctionnement de l'économie à dominante agricole de la fin de l'Ancien Régime étudiée par Labrousse (1933). Elle est caractérisée par des crises frumentaires récurrentes associées à des hausses de prix et une contraction des débouchés industriels, suivi d'une baisse de prix en période de prospérité.

Le second régime de régulation est qualifié de *régulation concurrentielle* car les prix nominaux sont sensibles aux déséquilibres des marchés à la fois à la hausse et à la baisse. *L'accumulation du capital est extensive*, ce qui traduit une industrialisation progressive peu fondée sur la substitution capital-travail. L'alternance de phases d'expansion et de récession constitue le mode normal de fonctionnement de ce régime, ce qui amène Boyer (1979) à distinguer entre « *petites crises* », qui participent aux mécanismes normaux de régulation et « *grande crise* », qui correspondent à la *crise du régime de régulation*. Ces dernières sont associées au passage d'un mode de régulation à un autre, caractérisé par des mutations intenses.

Le troisième régime, qualifié de *régulation monopoliste* (ou *administrée*) se serait mis en place après la dernière guerre et correspondrait aux « *trente glorieuses* ». Dans ce régime, on identifie des secteurs moteurs, caractérisés par une *accumulation intensive* (mécanisation avec processus continu de substitution capital-travail) ; les prix nominaux sont peu sensibles à la conjoncture (contrairement aux deux régimes précédents) et les salaires nominaux tendent à être indexés sur les indices des prix, avec des gains complémentaires de pouvoir d'achat associés aux gains de productivité des secteurs moteurs, qui diffusent à l'ensemble de l'économie grâce aux conventions collectives et à la politique salariale (Boyer, Mistral, 1978). Les éléments indirects du revenu salarial (allocations familiales, protection sociale) occupent une part croissante des revenus salariaux et contribuent à stabiliser la consommation des ménages. La crise qui débute au milieu des années soixante dix traduit l'épuisement de ce régime, identifiable par des ruptures majeures dans les cinq formes institutionnelles.

Encadré 1-1 - L'Ecole de la Régulation

L'Ecole de la Régulation (ER) a pris naissance au sein de l'administration économique française dans les années soixante-dix. Du point de vue économique, le principal point commun des auteurs qui ont initié cette approche réside dans leur volonté de comprendre « *la dynamique (macro) économique d'ensemble dans ses variations historiques et spatiales* » (Billaudot, 2001, p.11). Plus spécifiquement, ils ont identifié des modes de développement socio-économiques spécifiques, qu'ils ont qualifiés de mode de « *régulation* ». La notion de « *régulation* » est ici entendue au sens de « *conjonction de mécanismes concourant à la reproduction d'ensemble, compte tenu des structures économiques et des formes sociales en vigueur* » (Boyer, 1986, p.30). Ceux-ci sont associés à des périodes où l'on peut observer une stabilité relative pour cinq « *formes institutionnelles* » qui correspondent à un état donné des rapports sociaux : circulation monétaire, rapport salarial, formes de la concurrence, modalités d'insertion dans les échanges internationaux formes d'intervention des pouvoirs publics.

Les premiers travaux fondateurs sont des thèses (Aglietta, 1974/1976 ; Billaudot, 1976 ; Mazier, 1978 ; Mistral, 1976 Bertrand, 1980), complétées par le rapport *CEPREMAP-CORDES* intitulé : *L'inflation à la française* (Benassy & alii, 1977). Du point de vue de leur trajectoire socio-administrative, les principaux fondateurs de l'ER sont anciens élèves de *l'Ecole polytechnique*. Ils ont contribué à la première génération de modèles macroéconomiques : FIFI pour Aglietta (1969, 1973), DECA pour Billaudot (1971), STAR pour Boyer, Mazier, Mistral (1974)⁵⁴.

⁵⁴ Pour une histoire de la modélisation macroéconomique en France, cf. Boyer (1976), (1981) ; Artus, Deleau, Malgrange, (1986). Le modèle DECA a été réalisé à la Direction de la Prévision du Ministère des finances pour la préparation des budgets économiques associés aux lois de finances. Il a été utilisé à cette fin de 1969 à 1973. Il avait été précédé par le modèle Zogol (1967-1968), écrit par Philippe Herzog et Gaston Olive. Le premier, à l'époque administrateur de l'INSEE, a soutenu une thèse intitulée « *prévisions économiques et comptabilité nationale* » (PUF 1968) sous la direction de Raymond Barre, qui sera également le directeur de thèse de Michel Aglietta. Le second deviendra chef du *Groupe de Recherche Macroéconomique* (GRM) de la Direction de la Prévision et initiera le modèle STAR, qui sera utilisé pour les budgets économiques de 1974 à 1977. Le modèle Fifi, initié par Raymond Courbis et Michel Aglietta (Aglietta et alii, 1969, 1973) a été utilisé pour la préparation du Plan de 1968 à 1976. A partir de 1976, une seconde génération de modèles, réalisés par l'INSEE, viendra se substituer à cette première génération. Il s'agit de METRIC (Artus et alii 1978, 1980) pour les projections à court terme et les budgets économiques et de DMS (Fouquet et alii, 1976, 1978) pour le plan. Dans ces deux derniers modèles, un certain nombre d'équations de comportements sont justifiées par des arguments de type microéconomiques, sans qu'une cohérence d'ensemble ne soit recherchée dans ce domaine. Sur les propriétés dynamiques comparées de ces modèles cf. Muet Artus (1980) et Artus, Deleau, Malgrange (1986).

Selon les auteurs, l'accent est mis plus particulièrement sur une ou deux formes institutionnelles privilégiées : *rapport salarial* chez Boyer (1978, 1995), *monnaie et finance* chez Aglietta et Orléan (Aglietta, 1986 1995 ; Aglietta, Orléan, 1982), , modalités d'insertion dans les *échanges internationaux* chez Mistral (1976, 1978, 1982, 1986). La question des *marchés* et celle des *formes de la concurrence*, bien que centrales dans cette démarche, n'ont jamais vraiment été approfondies avant Amable, Petit,(1995) et Petit (1996, 1998). En effet, ces formes sont principalement perçues comme des *régularités macroéconomiques* bien identifiées, qui servent même à qualifier les modes de régulation dans les travaux centrés sur la question de l'inflation (régulation concurrentielle et monopoliste) et les approches plus fines de l'économie industrielle ne sont pas jugées initialement nécessaires à cette théorie⁵⁵. Enfin une étude approfondie du rôle de l'Etat et les formes d'intervention des pouvoirs publics n'apparaîtra clairement que dans une seconde phase, avec les travaux des épigones (Theret, 1990, 1992, 1995 ; Lordon, 1995b, 1997a), du moins si l'on compte les travaux des « compagnons de routes » André et Delorme à l'extérieur de l'ER⁵⁶.

Au delà de la diversité relative des points de vue, l'ensemble des auteurs cités ont une même lecture de l'histoire économique d'après guerre en France et aux Etats Unis, caractérisée par un compromis « *fordiste* » principalement caractérisé par des formes spécifiques d'institutionnalisation du rapport salarial : mise en place de formes de salaires indirectes, augmentation du pouvoir d'achat par indexation des salaires sur les prix et par redistribution des gains de productivité des secteurs moteurs vers le reste de l'économie (Aglietta, 1976 ; Boyer Mistral, 1978 ; Boyer, 1978 ; Coriat, 1978, Billaudot 2001).

La démarche ainsi suivie permet d'identifier la *spécificité historique* des processus d'ajustement macroéconomique en dehors des crises (dynamique comparative), mais pose

⁵⁵ Pour une discussion de même nature sur l'intégration du progrès technique, cf. Amable, Lordon (1992).

⁵⁶ Sur la base des déclarations de leurs auteurs, les travaux sur l'Etat de André, Delorme (1979) et Delorme, André (1983) peuvent être considérés dans un premier temps comme relativement indépendants par rapports à ceux des membres fondateurs de l'ER, même si leur approche historique utilise la notion de *compromis institutionnalisé* : « Une notable différence sépare (l'ER) et notre étude. La notion de régulation a pour objet les processus macroéconomiques fondamentaux. L'Etat n'est qu'une composante des « formes institutionnelles » (...) Il est déjà là, donné. La genèse des interventions publique reste étrangère. Une correspondance générale est sans doute suggérée entre le type dominant de régulation et les grands traits de l'intervention publique (...) Mais le sens des liaisons est indéterminé » (Delorme, André, 1983 p. 656-657 ; cf. également Delorme, 1984 p. 149) et pour un bilan de ce compagnonnage : André, 1995, Delorme 1995)

problème en ce qui concerne la *transition entre régimes* (Chartres, 1995). La période de l'entre-deux-guerres et la crise des années 1930 est caractérisée par une telle transition. Boyer (1978, 1979) constate pour cette période une « *altération sans bouleversement de la régulation concurrentielle antérieure* » Selon lui, l'émergence de *l'accumulation intensive* aurait en effet été bloquée par l'insuffisance de la demande effective, en particulier parce que « *le bouleversement des normes de production [n'aurait pas été accompagné d'un] changement correspondant de la norme de consommation ouvrière* » (Boyer, 1979, p33). Pour approfondir cette question, Robert Boyer s'est intéressé aux travaux des historiens sur l'introduction du taylorisme en France (Boyer, 1983) et à finalement proposé avec André Orléan quelques modèles *évolutionnaires* pour discuter des conditions d'émergence de nouvelles normes salariales (Boyer, Orléan, 1991, 1992)⁵⁷.

Dans une direction complémentaire, les travaux présentés ici sur Renault entre les deux guerre (Phan, 1983, 1990, 1991, 1994) ont pour objet de tenter d'apporter une *contribution monographique* originale aux débats *sur les caractéristiques de l'accumulation, du rapport salarial et des crises dans la période de l'entre-deux-guerres*⁵⁸.

pour réaliser cet étude monographique, le choix de la Société Anonyme des Usines Renault (SAUR), est lié à la facilité d'accès à l'information, mais peut aussi être justifié par *l'image symbolique* de ce constructeur, qui a longtemps occupé une place privilégiée dans l'industrie automobile française. En 1938, la SAUR est la première usine de la région parisienne par ses effectifs. On peut y observer à cette époque une grande diversité de formes d'organisation du travail, ce qui permet d'appréhender l'ensemble de l'évolution technologique de l'entreprise. Enfin, Renault, « *forteresse ouvrière* » occupe également dès 1936 une place symbolique dans le domaine des luttes sociales (Depretto, Schewitzer, 1984).

Dans cet article du *Mouvement Social*, la portée et les limites de la démarche monographiques sont soulignées : « *l'étude d'une seule entreprise ne permet pas de prendre position par rapport à l'ensemble des éléments en cause dans ce débat* » ; mais il est néanmoins intéressant de chercher à caractériser les déterminants de l'investissement, des gains de productivité et du partage de la valeur ajoutée chez Renault : « *l'accumulation y a-t-elle bien été « intensive » ?* »

⁵⁷ Le projet qui consiste à étudier les conditions auxquelles un nouveau modèle social (le cinq dollars par jours de Ford) peut diffuser à partir d'une entreprise unique a été sévèrement critiqué par Dockès (1993).

⁵⁸ pour une présentation de ce débat cf. par exemple Asselain (1984) p. 95-97, Bouvier (1986) et les contribution des économistes : Mazier, Picaud, Podevin, Bertrand (1982), Boyer (1979)

*Quelle pouvait être la nature des formes dominantes de régulation qui gouvernaient la détermination des prix, des salaires et de l'emploi? Ces formes permettent-elles d'expliquer le retard des salaires réels sur les gains de productivité? ». Cette étude prend appui sur un travail d'établissement et d'analyse de séries statistiques sur les *données comptables* de l'entreprise, les *salaires* et *l'emploi*, ainsi que sur une *modélisation économétrique* de Renault entre 1922 et 1938 reproduite dans le dossier annexe ⁵⁹.*

Le travail présenté dans l'article se divise clairement en deux parties, très différentes d'un point de vue méthodologique, mais complémentaires du point de vue de l'investigation. Une première approche, *analytique*, a pour objet de dégager les grandes tendances communes à l'ensemble de la période. Elle s'intitule donc « *L'entre-deux-guerres chez Renault : une transition entre deux formes de régulation ?* ». Cette partie repose à la fois sur *l'analyse financière et économétrique* des séries comptables et sur *l'étude critique des sources* ⁶⁰. On a cherché en particulier à identifier les régularités et les ruptures dans les domaines de l'emploi, la productivité, l'investissement et la rentabilité, sans oublier la formation des salaires ouvriers.

Le Front populaire a-t-il modifié significativement la nature de ces régularités ? La brièveté de la période limite l'investigation économétrique (il n'y a que deux observations en données annuelles !) et renvoie à une *étude strictement historique des comportements, des contingences, et de l'enchaînement des événements*. La seconde partie, intitulée « *Pouvoir patronal et Front populaire des conventions collectives au retour de l'ordre social* » est donc consacrée à cette *étude historique* de la transformation des rapports sociaux chez Renault

⁵⁹ On trouve de nombreux documents bruts dans l'annexe de Phan (1983), où se trouve également une *évaluation critique des sources* (p. 16 à 22 ; cf. également Phan, 1991, p.65 pour une présentation rapide des sources quantitatives) ; les séries comptables, salariales, les mouvements d'effectifs et les séries macroéconomiques ont été réunies dans un rapport déposé à la médiathèque de l'ENSPTT (Phan 1990). Celui-ci a servi de base à l'article du *Mouvement Social*. Un résumé de la méthodologie d'établissement des sources internes à Renault est reproduit en Annexe 1 de l'article. Malheureusement, les principales séries commentées dans cette annexe, qui avaient été réduites pour tenir dans une seule page ont disparu de l'article publié au montage, au profit d'une page de publicité (ces séries restent cependant annoncées note 8 p.65 de l'article !). Elles ont été reproduites dans le tome annexe du présent travail, ainsi que des extraits de Phan (1990), en particulier la partie économétrique, qui est discutée dans l'article sans que les résultats apparaissent, ce qui est (malheureusement) également le cas de l'article de Villa (1991) dans ce même numéro.

⁶⁰ Cette partie repose sur un travail original (Phan 1990), réalisé à l'ENSPTT durant mon séjour à *l'Ecole Nationale d'Administration* (1989-1990, avec la promotion Jean Monnet). L'essentiel de la seconde partie se fonde sur des résultats tirés des chapitres VI à VIII d'un mémoire de Maîtrise d'histoire (Phan, 1983, p.151-239)

durant la période du Front populaire jusqu'à la réaction patronale de 1938. L'accent est mis plus spécifiquement sur les *aspects institutionnels* et replace l'évolution de Renault dans *l'ensemble des industries métallurgiques* et, plus largement, dans *le cadre institutionnel global mis en place par le Front Populaire pour encadrer les rapports salariaux* : conventions collectives, conciliation et arbitrage, allocations familiales, discussions autour de l'échelle mobile des salaires. Plusieurs questions posées par cette investigation historique sont venues nourrir la réflexion méthodologique sur le rôle des acteurs et de leur mentalité (y compris la dimension sociale propre à ces « représentations » mentales) dans la genèse de nouvelles formes institutionnelles, ainsi que sur le rôle des *effets de systèmes* dans la mise en place d'un nouveau régime macroscopique. Nous y reviendrons plus loin à la fois au niveau méthodologique, et au niveau plus appliqué des études sur les changements institutionnels dans le secteur des télécommunications⁶¹.

1.1.1. Productivité, emploi et salaires ouvriers chez Renault autour des années trente : la question de la transition vers le « fordisme ».

Nous reproduisons ici le résumé qui contient les principaux résultats. Dans la mesure où cet article repose sur un travail important d'établissement de faits et de construction de statistiques qui combinent des méthodes comptables et des méthodes économiques (comme par exemple la méthode de Mairesse pour la reconstruction de séries de capital productif), auxquelles viennent s'ajouter des reconstructions raisonnées d'après un modèle économétrique, nous conseillons au lecteur intéressé de visiter le premier article présenté dans le tome II (travaux) ainsi que ses annexes. Pour les aspects méthodologiques qui vont être discutés dans ce chapitre, la lecture des quelques lignes qui suivent devrait suffire.

L'étude de la gestion des usines Renault entre les deux guerres, à l'aide d'instruments comptables et économétriques montre que les gains de productivité, de l'ordre de 6,5% par an, en moyenne, sont essentiellement imputables aux effets de la *substitution du capital au travail*. L'accumulation du capital et l'expansion de l'entreprise furent limitées, à la fois par la chute de la profitabilité et par l'insuffisance des débouchés existants pour la gamme de produits proposés.

⁶¹ Ce second travail devait être prolongé par une étude plus approfondie sur les institutions de conciliation et d'arbitrage, en partenariat avec un sociologue. A la suite d'une défaillance (provisoire) de ma part, ce dernier a déjà publié un article sur cette question (Didry, 1998).

Les salaires réels ne furent jamais indexés sur la productivité, mais les salaires nominaux évoluèrent, en tendance, comme la valeur du produit unitaire du travail. Néanmoins, à partir de 1930, la résistance nouvelle à la baisse des salaires nominaux, donna temporairement aux fluctuations du profit un rôle central dans le mouvement de rationalisation des produits et des processus de production, qui ne fut ni régulier, ni systématique. Ainsi, dans un premier temps, les conditions avantageuses d'embauchage et de débauchage facilitèrent le recours aux moyens traditionnels de gestion de l'emploi, et freinèrent le développement de la rationalisation, car l'extension de la production à la chaîne diminue la flexibilité de l'appareil productif. La construction d'une série de capital selon la méthode chronologique de Mairesse (1972) nous permet de connaître la pyramide des âges et l'âge moyen du parc de machine de la SAUR. On voit clairement l'impact de la crise, précoce en ce qui concerne l'automobile. L'âge moyen relatif à 1922 double entre 1929 et 1937, malgré une reprise de l'investissement de 1933 à 1935, associée à un engagement plus fort dans les carrosseries métalliques. On y voit également une politique prudente d'investissement, dont le montant, souvent inférieur à la marge d'autofinancement, est supérieur au *cash flow* uniquement en 1929 (lancement de l'île Seguin) et en 1937 (vague de rationalisation consécutive au Front populaire). A partir de 1929, le taux de rentabilité économique⁶² apparaît inférieur d'au moins deux points au taux de rendement des obligations, avec un écart maximum en 1933, avec 3,5 points.

Durant la période du Front Populaire, les contraintes issues des conventions collectives, la pression à la hausse des salaires, et les conséquences sur les coûts de la semaine de quarante heures, rendirent nécessaire une réorganisation en profondeur. Cependant, en l'absence d'une croissance significative de la demande, l'effort important d'investissement de rationalisation réalisé en 1937, fût bloqué par des contraintes financières. En effet, en 1937, Renault fait des pertes pour la première fois depuis 1922. En 1938, une réduction draconienne d'effectifs, souhaitée dès avril, intervint à l'occasion de la grève du 24 novembre. Le constructeur renoue cette année là avec une rentabilité économique positive, de l'ordre de 4%, à peu près équivalente aux rendements des obligations à long terme. La question de l'évolution des institutions associées au rapport salarial, comme celle de la formation des salaires dans ce cadre, suggère de nouvelles pistes de réflexion sur les conditions d'émergence structurelles.

⁶² On définit le taux de rentabilité économique comme le rapport du flux annuel de profit non financier à la moyenne arithmétique du capital économique de l'année. Ce dernier est une approximation de la valeur moyenne du capital qu'il a

1.1.2. Une première réflexion sur l'émergence et la fonction des institutions à travers l'expérience des pratiques d'arbitrage et de conciliation des conflits et leurs effets sur les salaires sous le Front populaire

La seconde partie de l'article relève de la forme narrative, mais son objet est de fournir des réponses aux questions de l'économiste et d'enrichir la problématique de la genèse des structures par des observations pertinentes, une fois de plus, du point de vue de l'économiste. Il s'agit en particulier de souligner pourquoi, malgré la mise en place de certaines institutions qui seront centrales au fordisme, comme les conventions collectives et certaines formes de revenu indirect, les pratiques effectives de formation des salaires ne pouvaient conduire à un régime de formation de revenus compatible avec une consommation de masse (cf. également sur ce point les critiques de Dockès, 1993)

A - La question salariale et les allocations familiales dans le cadre des conventions collectives et des commissions paritaires en 1936.

Les articles 1 à 3 des accords Matignon (signés en juin 1936) prévoyaient la rédaction de contrats collectifs de travail. Cette réforme changea chez Renault le rapport de forces entre les parties en présence. La médiation des conflits du travail, dans le cadre des commissions paritaires, puis des procédures de conciliation et d'arbitrage permet de suivre l'évolution de ce rapport de force entre organisations patronales et syndicats de travailleurs. Les « *accords Matignon* », en effet, loin de constituer un nouveau compromis social, débouchèrent sur une aggravation des conflits sociaux, comme le souligne Prost (1977)⁶³. La question des salaires qui est étudiée ici fut un enjeu majeur des négociations qui eurent lieu dans ces formes institutionnelles.

Dans la métallurgie, la convention collective⁶⁴ des ouvriers prévoyait la mensualisation de toutes les personnes appartenant à cette catégorie. A l'occasion de la signature de ces accords, les salaires minima furent relevés pour toutes les catégories dans des proportions qui variaient

été nécessaire d'immobiliser pour financer un cycle de production, mesurée par la moyenne arithmétique entre deux exercices consécutifs de la valeur des immobilisations, du besoin de fonds de roulement et des liquidités.

⁶³ dans Rémond, Bourdin dir. (1977) ; cf. également les communications de J.P.Rioux et de E.Du Reau.

⁶⁴ La convention collective des ouvriers de la Métallurgie de la région parisienne avait été signée le 12 juin 1936 entre, d'une part, le Groupement des Industries Métallurgiques, Minières et Connexes de la Région Parisienne (GIMMC/RP) et, d'autre part, la société André Citroën et les syndicats ouvriers. Une Convention séparée, signée le 19 juillet, concernait les collaborateurs, agents de maîtrise et ingénieurs.

de 14% à 40% (Phan, 1991 p.86). Malheureusement, peu après, la dévaluation du 27 septembre 1936 se traduisit par une augmentation importante des prix. Cette question fut évoquée dans le cadre des *commissions paritaires*. Celles-ci siégeaient régulièrement depuis juin 1936, pour examiner les difficultés résultant de l'application des conventions collectives. Au cours des séances de novembre et décembre 1936, la délégation de la C.G.T de la métallurgie posa la question du maintien du pouvoir d'achat des salaires au moyen d'une augmentation générale⁶⁵. Mais le président du Groupement des industries métallurgiques, minières et Connexes de la région parisienne (GIMMC), considérait que cette demande de réajustement des salaires était contradictoire avec les principes de la convention collective, qui prévoyait que la durée des contrats comportant des salaires minima était fixée à un an, ce qui écartait selon le patronat toute possibilité de révision en cours de contrat⁶⁶.

L'organisation patronale accepta cependant le principe d'une discussion collective en vue de fixer les salaires, mais elle entendait conserver un pouvoir unilatéral de décision dans ce domaine⁶⁷. Elle désirait insister sur le caractère exceptionnel d'une telle mesure, liée à la dévaluation et refusait la mise en place d'une procédure permanente de discussion des salaires, ou, à plus forte raison, celle d'une « *échelle mobile* ».

La question des *allocations familiales*, également discutée dans le cadre des commissions paritaires, illustre bien la différence entre les conditions (historiques) de genèse d'une forme institutionnelle et les fonctions ultérieures de celle-ci dans le système économique. Comme on le verra par la suite avec les innovations technologiques, une forme institutionnelle isolée ne peut modifier seule la logique d'ensemble. Seule la conjonction d'un certain nombre d'innovations institutionnelles (et / ou technologiques) faisant système peut parvenir à un tel résultat.

Dans l'entre-deux-guerres, les allocations familiales ont clairement été utilisées par le patronat selon une « *vision* » que l'on qualifiera plus loin (§ 2.1.1 & 2.3.1) de « *rétrograde* » (au sens de tournée vers le passé = *backward looking*). Il s'agissait d'abord pour le patronat

⁶⁵ Se fondant sur l'évolution des indices de prix de la Statistique Générale de France, Doury, secrétaire Général de l'Union Syndicale C.G.T. des ouvriers métallurgistes demanda à la séance du 2 décembre 1936 une « *augmentation générale des salaires de 15% indépendante de la majoration qui devait résulter de l'entrée en vigueur de la Loi du 21 juin 1936 sur les 40 heures* ».

⁶⁶ Lettre adressée à la CGT le 2 décembre, source : AN 91 AQ 65, arbitrage Oualid

⁶⁷ « *Le geste patronal doit constituer une libéralité, or un cadeau ne se discute pas avec celui qui en bénéficie(..) prendre une décision, c'est vraiment remplir le rôle de patron et de chef* » AN 91 AQ 7, note interne 1936

de maîtriser les coûts en substituant aux hausses de salaires des primes qui seraient versées aux seuls chargés de famille, afin d'éviter toute forme d'échelle mobile des salaires⁶⁸. Il s'agissait également de *mieux contrôler la main d'œuvre*, comme le soulignent les travaux d'Hatzfeld (1989) et ceux de Pedersen (1989)⁶⁹.

La *genèse* de cette nouvelle *forme institutionnelle* ne résulte donc pas d'une volonté délibérée des acteurs économiques de changer les formes de régulation en vigueur, mais plutôt de leur désir de renforcer les formes anciennes par un dispositif nouveau considéré comme un moindre mal face à une menace circonstancielle. Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que la mise en place de la sécurité sociale et des allocations familiales n'ait provoqué, selon l'expression de Robert Boyer, qu'une « *altération sans bouleversement de la régulation concurrentielle antérieure* ». L'écart entre l'*intention* ou le *projet initial* et la *fonction finale* est un phénomène que l'on observe fréquemment dans les processus de morphogenèse comme la mise en place d'une nouvelle forme organisationnelle ou institutionnelle. Celle-ci résulte souvent initialement d'un projet ou d'une intention qui n'a rien à voir avec l'*explication fonctionnaliste* que l'on pourrait trouver après coup. Il s'agit d'ailleurs d'un phénomène plus large, lié aux innovations en général. Les spécialistes de l'économie de l'innovation de

⁶⁸ « ...si un jour ou l'autre, il apparaissait nécessaire d'ajuster les salaires des ouvriers au coût de la vie, ce devrait être uniquement les salaires des ouvriers chargés de famille qui devraient être touchés... » (AN 91 AQ 64 note interne de juin 1938) Ce raisonnement est justifié par une appréciation morale du pouvoir d'achat du salaire ramené à l'unité de consommation : « ...entre le pouvoir d'achat du métallurgiste individuel, ou marié sans enfant, et celui qui est chargé de famille, la disproportion demeure scandaleuse ». Cette position moralisatrice était caractéristique des industries métallurgiques depuis la guerre : « L'idée des allocations familiales est née de la crise économique qu'a provoqué la guerre. Le renchérissement et les fluctuations profondes du coût de la vie avaient rendu plus difficile que jamais la situation des ouvriers pères de famille. L'inégalité de condition entre l'ouvrier célibataire qui n'a à s'occuper que de lui-même et de celui qui doit pourvoir à la subsistance d'une femme et de plusieurs enfants est apparue avec plus de netteté que jamais et a éveillé le sentiment vague d'une injustice (...). Avec le renchérissement des denrées, et surtout des denrées alimentaires, la charge de l'entretien d'un enfant est devenu de plus en plus lourde. A cet égard, l'augmentation même des salaires ne pouvait qu'accroître de plus en plus l'injuste inégalité de situation entre l'ouvrier célibataire et le père de famille. On a donc cherché une formule mieux adaptée aux nécessités de la situation nouvelle, et l'idée des allocations familiales est née de cette préoccupation » (Pinot, 1924, p.151-156)

⁶⁹ Selon Susan Pedersen, dans les industries textiles de la région de Roubaix-Tourcoing, les allocations familiales permettaient également d'exercer un contrôle sur la main d'œuvre. L'allocation n'était en effet versée qu'aux travailleurs qui avaient été présents durant tous le mois. Chaque grève ou absence non justifiée entraînait alors une perte de l'allocation (Pedersen, 1989).

services ont ainsi observé *deux temps* dans le processus d'innovation, que l'on a également identifié dans certains travaux présentés ici, comme par exemple dans le cas du Minitel (§ 3.1.). Dans un premier temps, l'innovation vient se substituer à un usage ancien. Selon la terminologie de Dang Nguyen, Phan (1997, 1998) la conception est *ournée vers le passé* (*backward looking* ; cf. plus loin, 2.1.1.). Dans un second temps, l'apprentissage par l'usage va faire émerger de nouvelles fonctions qui n'avaient pas été anticipées par les concepteurs du service. Les enjeux théoriques et méthodologiques de cette observation sont importants, comme on le verra en discutant de la démarche néo-institutionnaliste associée aux coûts de transaction (1.3.1, 2.2.3.)

B - L'arbitrage obligatoire et la formation des salaires

Les lois du 31 décembre 1936 et du 4 mars 1938 donnaient au gouvernement le pouvoir d'organiser des procédures de *conciliation* et *d'arbitrage* dans les conflits qui furent provoqués par les conséquences de la dévaluation sur le pouvoir d'achat des salaires. Le principe du droit libéral s'opposait initialement à toute intervention de l'Etat et ce type d'institution était, de plus, désavoué à la foi par les groupements patronaux et par les syndicats ouvriers. Les premiers y trouvèrent finalement leur avantage et ces institutions contribuèrent largement à la baisse du pouvoir d'achat ouvrier en 1937 et 1937. Comme ce phénomène est central pour comprendre pourquoi une croissance *fordienne* n'aurait pu se développer dans ces conditions, le lecteur intéressé par ces questions est invité à lire cette partie de l'article et éventuellement à se reporter à Didry (1998) dont les travaux prolongent nos premières investigations sur ces questions.

Trois arguments peuvent être avancés pour expliquer cet effet contraignant des institutions de conciliation et d'arbitrage sur la progression des salaires. Premièrement, les mentalités des arbitres et surarbitres n'étaient pas favorables aux idées d'indexation ou d'échelle mobile des salaires, comme l'atteste le contenu des sentences arbitrales ou les commentaires que l'on peut trouver dans la revue *Droit Social*. Deuxièmement, le rapport de force politique s'est déplacé en défaveur de l'aile gauche du Front populaire, comme le montre les difficultés du second gouvernement Blum, et l'échec du « *Statut moderne du Travail* ». Troisièmement, le patronat était mieux armé d'un point de vue juridique que les syndicats ouvriers, et les légistes des organisations patronales surent tirer parti de ce dispositif institutionnel pour retarder considérablement les négociations relatives aux réajustement salariaux, alors que les prix augmentaient par ailleurs.

En conclusion de cette section sur les rapports salariaux sous le Front populaire, le bilan de cette période chez Renault fait ressortir, en apparence, deux paradoxes. Premièrement, c'est *le coût de l'instauration de la semaine de quarante heures, avec compensation salariale intégrale*, tant décriée par le patronat, qui *a déclenché, chez Renault, l'accélération de la modernisation et de la réorganisation, concourant ainsi à l'accroissement de l'efficacité de l'entreprise*⁷⁰. Deuxièmement, il est troublant de remarquer que *ce furent les institutions mises en place par le gouvernement du Front populaire, avec le soutien des syndicats, qui servirent ultérieurement d'instrument de contrôle économique et social*. Ici encore, on constate une utilisation d'institution à des fins qui ne correspondent pas aux objectifs initiaux de ses concepteurs. Dans le cadre considéré, cela n'est pas anormal et illustre la souplesse des règles juridiques adoptées par les institutions représentatives en démocratie. De plus, dans ce cas particulier, le possible détournement avait été anticipé par Léon Jouaux, secrétaire général de la CGT (Rioux, 1981). En conséquence, dans le cas de Renault, *le revenu réel baissa de 1937 à 1939 alors qu'il s'était accru entre 1932 et 1936*⁷¹.

Le blocage de l'investissement par des contraintes financières dès 1937 illustre cependant les limites d'un tel effort dans le contexte de l'époque. Les conséquences de la loi des quarante heures furent alors inverses de ce que ses partisans auraient aimé qu'elles fussent : compte tenu des gains de productivité et des contraintes de débouché, l'ajustement des capacités de production de l'entreprise à la demande exprimée se traduisit par une compression draconienne des effectifs - qui était aussi une revanche patronale - à la suite de la grève du 24 novembre 1938⁷².

1.1.3. Historiens et économistes : une cohabitation conflictuelle ?

D'un point de vue méthodologique, les travaux sur Renault présentés ci-dessous constituent un premier essai de « dialogue » entre les méthodes de l'historien et celles de l'économiste. Quels enseignements peut-on en tirer ? On va placer la discussion sur trois niveaux. Le

⁷⁰ Phan (1991) « La loi des 40 heures et ses conséquences paradoxales sur l'emploi » p. 93-95

⁷¹ Phan (1991) « La formation des salaires... » p 90-93 et graphiques 8 à 10 p.80 et 82.

⁷² La question de connaître, dans le cas de l'automobile, la part de l'insuffisance de la demande effective (macroéconomique) dans les contraintes perçues reste posée. En effet, en l'absence de voiture populaire, il semble que les effets d'une augmentation des salaires ouvriers ne pouvaient avoir que des effets indirects sur la demande d'automobile. L'économétrie fait en effet apparaître une faible élasticité de la demande globale au revenu. Cf également les critiques de Dockès (1993)

premier niveau concerne dans un premier temps l'article lui même, avec tous les défauts (mais aussi l'enthousiasme) du travail d'un chercheur néophyte formé simultanément à l'université dans les deux disciplines. Mais on découvre dans un second temps derrière les maladresses du débutant, des problèmes méthodologiques de fond, qui ont, de plus, une dimension historique. Ceci nous incite à revenir sur l'historicité des méthodes de l'historien. Ce déplacement nous conduit à un second niveau, qui concerne les relations entre régulationnistes et historiens. A l'époque de la publication de cet article, en effet, Robert Boyer déployait des efforts importants pour rapprocher les économistes (principalement les régulationnistes) et les historiens de l'économie. Quelques années après, un bilan de cette tentative réalisé par Clio (1995) montre que le résultat n'a pas été à la hauteur des espérances. On va donc élargir la perspective pour proposer des tentatives d'explication de ce rendez vous manqué. On peut encore élargir ce débat au delà de ce cas particulier et poser, à un troisième niveau, le problème plus général des rapports entre les historiens et les économistes. Les deux disciplines seraient elles comme des sœurs siamoises qu'on ne peut séparer mais qui vivent une « *cohabitation conflictuelle* », comme le pense Latouche (1994) ?

A - Histoire ou économie : les risques d'une schizophrénie intellectuelle.

Rétrospectivement, l'article sur Renault paru dans le *Mouvement Social* « *Paradoxes français de la crise des années 1930* » dirigé par Robert Boyer, apparaît doublement en porte à faux. Premièrement, par rapport aux standards méthodologiques qui résultent du découpage académique de la production de connaissances⁷³, mais aussi par rapport à l'évolution générale des disciplines (ici l'histoire) qui peuvent procéder elles-mêmes à des redéfinitions des *standards légitimés* (ici les méthodes et les objets de recherche). Quelle part peut on imputer respectivement aux maladresses du néophyte et à des problèmes d'ordre plus généraux ?

En relisant dix ans après cet article, un premier phénomène saute aux yeux : il y a clairement deux approches méthodologiques (et même trois !) et la synthèse est rarement réalisée⁷⁴. On a

⁷³ Les promenades *solitaires* aux frontières des disciplines académiques sont sans aucun doute très enrichissantes, mais le promeneur risque, comme Prométhée de s'y brûler les ailes, ou de ne plus savoir qui il est et d'où il parle.

⁷⁴ Robert Boyer me l'avait fait remarquer en référence à la synthèse de Levy-Leboyer et Bourguignon sur *L'économie Française au XIX^e siècle* (1985). Parfois je prenais le *point de vue* de « Levy-Leboyer », parfois celui de « Bourguignon ». C'était peut être aussi une manière de me signifier indirectement que le point de vue économique était un peu trop « néoclassique »...

expliqué plus haut en détail la logique de l'enchaînement entre les deux parties, on se limitera donc à un court rappel.

La première partie a pour objectif d'analyser un certain nombre de relations caractéristiques du fonctionnement de l'entreprise, afin de percevoir des éléments de continuité et de changement, principalement à partir de données quantitatives, à l'aide des méthodes du gestionnaire et de la (macro)économétrie appliquée. En matière salariale, les premières investigations statistiques suggèrent que le régime salarial n'a pas été fondamentalement affecté au delà de l'effet ponctuel de la semaine de quarante heures. Comme on ne dispose que de *deux observations* en données annuelles pour évaluer les effets structurels du Front populaire, l'analyse qualitative a été préférée à l'estimation économétrique. La seconde partie propose donc des éléments qualitatifs et événementiels pour expliquer pourquoi le Front populaire a changé peu de choses dans la logique salariale dominante malgré d'incontestables nouveautés institutionnelles⁷⁵. Si l'objectif de cette partie relève d'une problématique d'économiste, le style adopté reste celui de la narration chronologique.

L'approche suivie dans cette seconde partie ne pose pas de problèmes de fond. Conformément à son objectif, elle est principalement centrée sur les considérations d'ordre politique et social qui gouvernent la formation des salaires. Elle est donc d'un moindre intérêt pour la *Business history*, principalement centré sur l'organisation et la stratégie de l'entreprise. Pour un historien du mouvement social, elle apporte *peu* d'informations nouvelles par rapport à un ensemble constitué par l'ouvrage de Depretto, Schweitzer (1984) sur le *mouvement ouvrier chez Renault entre les deux guerres*, d'une part, et par la thèse de Colton (1951) et l'article de Rioux (1981) sur la *conciliation et l'arbitrage* d'autre part. Par contre, *les sources nouvelles utilisées dans cette partie et la synthèse proposée de l'ensemble sont mobilisées*, comme on l'a déjà souligné, *par rapport à une problématique d'économiste*⁷⁶. Malheureusement, ces derniers ne lisent pas les revues d'histoire sociale⁷⁷.

⁷⁵ Significativement, le chapitre central consacré à la période 1936-1939 dans l'ouvrage de Depretto, Schweitzer (1984) s'intitule « *les illusions perdues* ».

⁷⁶ La thèse de Susan Pedersen (1989) sur la politique sociale et familiale en France et au Royaume Uni (qui ne sont pas une *source* nouvelle) apporte de ce point de vue des *résultats fondamentaux* pour la question qui nous intéresse. Je remercie Patrick Fridenson de m'avoir signalé son existence. Ces résultats permettent de *conforter* l'impression que l'on retire de la lecture des archives patronales de Renault et du livre de Pinot (1924) sur *Les œuvres sociales dans les industries métallurgiques* : les politiques sociales du patronat de la métallurgie et de

Cette partie ne pouvait donc intéresser qu'un sociologue spécialisé dans l'histoire sociale des formes juridiques désireux d'approfondir la question de l'émergence des institutions sur l'exemple des institutions de conciliations et d'arbitrage (Didry, 1998).

Pour ce qui est de la première partie, elle contient un certain nombre de *faits nouveaux* (au moins du point de vue de l'économiste) par rapport aux publications antérieures sur Renault⁷⁸, comme la mesure de la substitution capital-travail, des éclairages nouveaux sur la formation des salaires, la rentabilité économique (qui ne peut être calculée à partir des seules séries de profit) ou encore les choix d'investissements conçus pour maintenir une certaine flexibilité. Seul ce dernier point semble avoir été repris par un historien dans ses travaux⁷⁹. Il est vrai que cette partie contient par endroits des arguments et un style qui supposent connus un certain nombre de techniques d'économie ou d'analyses comptables et financières. Or, celles-ci sont loin d'être évidentes pour le lecteur non spécialiste⁸⁰. Les arguments avancés se trouvent également en porte à faux du fait de l'absence dans l'article des données comptables et surtout des estimations économétriques sur lesquelles se fondent une partie du discours⁸¹. Au total, le

Renault en particulier, sont bien « *tournées vers le passé* » (*backward looking*) au sens de Dang Nguyen, Phan (1997, 1998), information fondamentale pour notre problématique morphogénétique, comme on a pu le voir.

⁷⁷ Par exemple, Amable, Lordon (1992) dans leur réponse à Faucher, de Bresson (1991) sur la question de la prise en compte du changement technique par la théorie de la régulation ne citent aucun article de ce numéro spécial du *Mouvement Social*, pas même l'introduction de Robert Boyer, qui discute pourtant cette question dans une section intitulée « *émergence d'un nouveau modèle productif et tensions sur la relation salariale* » (Boyer, 1991a, p.13-19)

⁷⁸ La construction d'une comptabilité homogène sur l'ensemble de la période représente la face cachée de l'iceberg. En effet, si la méthode suivie est bien explicitée dans les annexes, les comptes ont disparu de l'article. On trouve dans le tome II le tableau synthétique sur une page et des comptes plus détaillés tirés de Phan (1990)

⁷⁹ Michel (1996) se réfère à la page 72 de l'article : « *des facilités offertes par une gestion flexible de la main-d'oeuvre permettait de faire l'économie d'une réorganisation systématique et coûteuse* ».

⁸⁰ On peut dire que la forme est peut être un peu *déplacée* pour la revue ; par exemple, en ouvrant au hasard page 76 on trouve les phrases suivantes : « *l'élasticité-prix est assez faible : 0,311 à court terme et 0,376 à long terme (...) le stock d'équipement résulte de l'effet cumulatif de variations marginales dues à l'investissement net* » ou encore, page 84 « *L'écart entre les séries de pouvoir d'achat du revenu ouvrier en biens de consommation et en produits Renault s'explique par plusieurs facteurs. L'élasticité de court terme des salaires horaires par rapport aux prix à la consommation est inférieure à un, alors que le prix de la valeur ajoutée s'ajuste instantanément et complètement sur les variations des coûts salariaux unitaires...* »

⁸¹ Pour le modèle économétrique, cela concerne également l'articles de Pierre Villa dans le même numéro).

style reste donc hésitant entre *l'analyse technique* (quelle soit économique ou comptable et financière) et *la narration littéraire*. Mais ce problème de *forme* cache un problème de *fond*.

Derrière la maladresse du néophyte et les contraintes éditoriales, on trouve une ambiguïté propre à la discipline historique. Premièrement, l'histoire est *récit* (Veyne, 1971, Ricœur, 1983, 2000), elle implique une « *mise en intrigue* » (Prost 1996) et les contraintes du *récit littéraire* font parfois mauvais ménage avec les habitudes de l'économiste qui apprécie de voir des *preuves* et des *démonstrations formelles*⁸². Certes, l'historien revendique « *le souci de démontrer plus que d'affirmer* » (Bouvier, 1976, p.82) mais dans les domaines de l'économie et de la gestion, il est parfois difficile d'argumenter sans rentrer dans la *technique*, sauf à employer des métaphores qui peuvent être utiles pour la compréhension du lecteur, mais risquent de se révéler dangereuses si on les confond avec la théorie dont elle sont sensées rendre compte⁸³. Dans quelle mesure est-il possible de faire de l'histoire économique sans s'appuyer explicitement sur le savoir faire du gestionnaire ou de l'économiste ? Ces difficultés entre *discours naturel* et *discours « savant »*⁸⁴ s'amplifient mutuellement dans la mesure où les historiens ont traversé récemment une crise d'identité (Dosse 1987) qui les a amenés à chercher à redéfinir leur spécificité face aux autres sciences sociales dans une direction plus narrative.

La tension entre *discours naturel* et *discours savant* peut être aisément perçue à la lecture de deux textes sensiblement différents, mais pourtant très proches, de Prost (1996, 1997). Dans ceux-ci, il rattache la méthode de l'historien à la notion de « *raisonnement naturel* » proposé par Passeron (1991) pour la sociologie. Pour l'historien, le processus cognitif de reconstruction du passé passe par l'analogie⁸⁵ :

⁸² Les revues d'économie les plus réputées, comme *Econometrica* ou *Journal of Economic Theory* ne se lisent pas comme un roman.

⁸³ Sur l'usage des représentations mythiques ou métaphoriques pour présenter des théories complexes dans des termes acceptables pour l'imagination, cf. l'avant-propos de Lévy Strauss (1991). Pour Ricœur (1965) la métaphore est aussi déviance créatrice. Elle a une fonction cognitive, et heuristique car elle rapproche des significations habituellement disjointes.

⁸⁴ Cette opposition se retrouve dans la consigne généralement suivie par les historiens de s'exprimer « *sans jargon* », qui les opposent clairement à la majorité des philosophes, mais aussi à de nombreux sociologues...

⁸⁵ Antoine Prost adopte ici la position subjectiviste (mais réaliste) de Collingwood (1946) « *history is the knowledge of the past in the present, the self-knowledge of the historian's own mind as the present revival and reliving of past experiences* » (cité par Prost, 1996, p.166, note 28)

« *Il n'y a pas de méthode historique. Il y a bien une méthode critique qui permet d'établir avec rigueur les faits pour valider les hypothèses de l'historien, Mais l'explication historique est celle même que tout un chacun pratique quotidiennement. (Ainsi), l'historien raisonne par analogie avec le présent, il transfère au passé des modes d'explication qui ont fait leurs preuves dans l'expérience sociale quotidienne de tout un chacun. C'est d'ailleurs l'une des raisons du succès de l'histoire dans le grand public : aucune compétence n'est requise du lecteur pour pénétrer un livre d'histoire* » (Prost, 1996, p.159).

Par contre, il peut arriver que « *les historiens empruntent certaines de leur méthodes aux statisticiens, aux économistes, aux sociologies, aux ethnologues, aux linguistes etc.* » (Prost 1997, p.390). Pour Prost, il n'y aurait pas contradiction entre cette remarque et la position précédente, puisqu'il déclare : « *au vrai, ce ne sont pas des méthodes de raisonnement fondamentalement différentes de celles que chacun utilise dans la vie courante : elles deviennent méthodes par leur explicitation et leur systématisation* » (id. p391). En fait, l'idée que le raisonnement et le discours naturel suffiraient pour rendre compte des sciences de l'homme de la société paraît être un postulat implicite - où un lieu commun - pour de nombreuses personnes (et non pas seulement pour les historiens).

Si l'on quitte provisoirement la méthodologie pour revenir aux publications, l'économiste qui ne voudrait pas être *déplacé* devrait ainsi plutôt s'exprimer dans le *langage naturel* lorsqu'il communique dans une revue d'histoire et de garder son *langage savant* (jargon technique et méthodes formelles) pour ses revues spécialisées. Ce qui pourrait paraître un problème de convenance et de pure forme cache cependant de réels problèmes méthodologiques et une question sérieuse de sociologie de la recherche académique, les deux étant bien entendu liés.

B - Histoire économique ou histoire totale : quelle méthodologie pour l'historien ?

Pour bien comprendre tous les enjeux, il convient d'avoir à l'esprit ce que fut à la fin des années soixante-dix le poids du double héritage de *l'Ecole des Annales* et de *l'historiographie marxiste* sur une grande partie de la profession historique. Ces deux courants de pensée, en particulier le dernier, revendiquaient une histoire « totale » (Dosse, 1987). Par exemple :

« *c'est parce que l'histoire dite « économique » est du coup, sociale (c'est à dire, aussi politique, idéologique, culturelle), que les logiques, contraintes, mécanismes « économiques », n'émergent et ne jouent qu'à travers une série de rapports, de comportements, donc de filtres et de médiations. Des esprits étroits se gaussent de*

l'impossible histoire « totale » ou « globale » sans voir que l'évoquer, c'est être conscient des raisons de fond de nos indéterminismes, sans comprendre qu'il ne s'agit pas de tout dire, mais simplement (si l'on peut ainsi s'exprimer) « de dire ce dont tout dépend, et ce qui dépend de tout » (selon le mot de Pierre Vilar)⁸⁶ ».

L'histoire apparaît ainsi comme la synthèse ultime : *« Pour ma part, je n'ai jamais cessé de penser que l'histoire devrait être reconnue comme la seule science à la fois globale et dynamique des sociétés, donc comme la seule synthèse possible des autres sciences humaines » (Vilar, 1972)*

Ce projet peut paraître prétentieux, mais il peut se déduire facilement de la démarche de l'historien : *« ce qui définit l'histoire ce n'est pas les objets qu'elle étudie, mais le regard que l'historien porte sur eux. Le propre de l'histoire n'est donc pas de l'ordre de la méthode, mais de l'interrogation : celle qui porte sur le changement dans le temps » (Prost 1997, p.390).* Si l'on adopte cette interprétation, l'histoire devient la *synthèse* des autres sciences humaines pour les *processus diachroniques*, comme l'envisage Pierre Vilar. Dès lors, deux positions sont tenables. Soit l'histoire se limite à la relation des faits et renonce à leur explication (au sens de Dilthey), mais doit recourir à la métaphore pour favoriser la compréhension⁸⁷, soit les méthodes *nomothétiques* des autres disciplines s'imposent à elles comme le souligne Piaget :

« les régularités observées entrent ipso facto dans le domaine des sciences nomothétiques particulières, dont les méthodes pouvant naturellement être pratiquées par l'historien lui-même, s'il se fait sociologue ou économiste etc., sont seules aptes à fournir les vérifications nécessaires et sont bien distinctes des méthodes de simple critique ou de reconstitution (...) Il faut signaler à cet égard tout un courant visant à

⁸⁶ Jean Bouvier, cours d'introduction aux sciences historiques, Université Paris I -Tolbiac, (1979-1980). La citation de Vilar (1973) est tirée d'un article des *Annales* « Histoire marxiste, histoire en construction », Paris, janvier février, 28, 1973 p. 165-188. Réédité dans LeGoff, Nora (1974).

⁸⁷ C'est un peu la *vision synthétique* qui est sous-jacente à la citation de Bouvier / Vilar selon laquelle *« il ne s'agit pas de tout dire, mais (il suffirait) simplement de dire ce dont tout dépend, et ce qui dépend de tout »*. Dans les disciplines nomothétiques, une telle vision synthétique n'est pas immédiate et relève plus du savoir faire du chercheur confirmé qui peu « prendre de la hauteur » que de celui du débutant. De l'autre côté, l'accès par soi-même à cette vision pour une personne extérieure à la discipline demande également un talent certain. La combinaison idéale dans ce domaine, comme le suggère Isabelle Stenger (qui est orfèvre en la matière) dans Dosse (1995) semble bien être la collaboration transdisciplinaire.

faire de l'histoire une science fondée sur la quantification et les structures (F. Braudel...) point de vue certainement fécond, mais qui revient actuellement à faire de l'histoire la dimension diachronique de la sociologie ou de l'économie, ce qui à l'avenir pourrait conférer aux disciplines historiques le niveau d'une sorte de synthèse portant sur les dimensions dialectiques de toutes les sciences humaines » (Piaget, 1970, p.22-23).

Mais d'un point de vue disciplinaire, la *synthèse nomothétique* est porteuse de risque. Elle pourrait se traduire chez les historiens par un éclatement de l'histoire en sous-spécialisations correspondants aux différentes disciplines associées⁸⁸. L'intégration des sciences humaines autour de la « longue durée » de Braudel ne fit, en effet, pas long feu. A la fin des années 1980, l'école des Annales connaît une crise ainsi diagnostiquée par Dosse (1987) : « *paradoxalement, l'histoireensemencée par les sciences sociales finit par abandonner son identité et risque fort en se trouvant de se perdre dans l'éclatement en une myriade d'objets différents et sans rapports* » (op. cit. p. 251-252).

En mars-avril 1988, paraît un numéro spécial des Annales intitulé « *Histoire et Sciences sociales. Un tournant critique* » l'éditorial de ce numéro constate que le marxisme, le structuralisme et l'histoire sérielle perdent leur capacité structurante et appellent à une redéfinition des objectifs de l'histoire et à de « nouvelles alliances ». C'est dans le numéro spécial de novembre-décembre 1989, organisé autour des réponses à l'appel de 1988, que Robert Boyer publie son premier article destiné aux historiens « *Economie et histoire : vers de nouvelles alliances ?* » (Boyer, 1989) Celui ci sera suivi par la publication du numéro spécial du *Mouvement Social* sur l'entre-deux-guerres (N° 154). Dans le numéro suivant de la même revue (N° 155) paraît un second appel aux historiens : « *Cinquante ans de relations entre économistes et historiens, réflexions d'un économiste sur le cas de la France et des Etats Unis* » (Boyer, 1991b).

C - Régulationnistes et historiens : un rendez vous manqué ?

Après 10 ans, on dispose d'assez de recul pour voir pourquoi cette démarche volontariste, n'a pas rencontré le succès espéré. Pour Clio (1995, p.54), « *la vision englobante et synthétique des régulationnistes a reçu un accueil mitigé, limité à un petit nombre de chercheurs,*

initialement plus ou moins influencés par des problématiques marxistes ». En effet, les régulationnistes se sont intéressés plus particulièrement aux grandes fresques historiques et à l'analyse des crises et ce centre d'intérêt apparaît *a posteriori* comme décalé, tourné vers une représentation de l'historien qui appartenait déjà au passé, avec l'abandon du projet braudélien et le déclin de l'influence méthodologique du marxisme sur les historiens⁸⁹ (cf. également Dosse, 1995).

Par exemple, dans l'éditorial du numéro spécial des *Annales* de 1989, on peut lire trois propositions qui vont à l'encontre des projets totalisants des décennies antérieures. On affirme d'abord le rejet de la volonté de synthèse pour la raison évoquée précédemment : « *L'expansion accélérée du territoire de l'historien, la multiplication des provinces inédites ont été acquises au prix d'un risque inattendu : celui d'un nouveau cloisonnement qui ne passerait plus, cette fois entre les sciences sociales, mais à l'intérieur de notre discipline elle-même sous couvert de nouvelles spécialisations* »⁹⁰. L'éditorial appelle en conséquence à une « *affirmation des identités disciplinaires* », l'histoire se réservant « *l'exploration des mécanismes temporels* ». Enfin l'annonce de retour au *sujet* et aux *interprétations* singulières se profile derrière la critique adressée à « *la prévalence accordée à la longue durée (et à l'histoire) du collectif et du nombreux* ». On sait que ces deux derniers points décrivent l'un la conception *braudélienne* de l'histoire, l'autre la conception marxiste, pour laquelle il n'est d'histoire que du collectif (Vilar, 1973).

Que peut-on dire exactement sur cette thèse du décalage ? D'autres éléments ne viennent-ils pas s'y ajouter ? Il est significatif de ce point de vue d'étudier les références *historiques* de Boyer (1979). Sur l'histoire des crises, on trouve dans le texte (op.cit. p.22) : quelques références sur les crises d'ancien régime : la synthèse d'Abel (1973), et un ouvrage de Bois (1976) intitulé « *La crise du féodalisme* », qui développe des questions très intéressantes à partir d'une monographie sur la Normandie orientale au XIV^e et au XV^e siècle ; des synthèses comme Braudel, Labrousse (1976) ou un article de Le Roy Ladurie (1976) ; deux articles

⁸⁸ C'est déjà partiellement le cas en épistémologie, en histoire des sciences du droit ou de la pensée économique, où les chercheurs ont souvent (quasiment toujours en histoire du droit de la pensée économique) reçu une formation complète de chercheur dans la discipline même qu'ils étudient.

⁸⁹ On constate dans ce cas précis combien l'influence d'un programme de recherche peut être liée à la personnalité de celui qui le porte.

⁹⁰ op. cit. p.1322, cité par Dosse (1987), dans la préface à la réédition de 1997 p.IV-V

méthodologiques d'historiens économistes de formation marxiste sur l'analyse historique des phénomènes de croissance et de crises : Vilar (1960) et Bouvier (1974a, 1974c). On trouve aussi plus loin des références à des ouvrages de synthèse anglo-saxons⁹¹.

On peut ajouter un certain nombre de références prises dans la bibliographie sur la période appelée « contemporaine » par les historiens (XIX^e-XX^e siècles). On trouve ainsi un article de Bouvier (1974c) sur le rôle respectif des banques, des industriels et des financiers dans le financement de la croissance au XIX^e siècle, la thèse de Fridenson (1972a) sur Renault auquel on ajoutera l'ouvrage édité par ce dernier sur « 1914-1918, l'autre front » où l'on trouve des informations intéressantes sur l'économie de guerre et les rapports sociaux au sein des entreprises⁹², mais aucune référence par exemple au numéro spécial de 1970 du *Mouvement Social* sur « le monde de l'automobile », ou pourtant on trouve un article de Fridenson (1972b) sur « L'idéologie des grands constructeurs dans l'entre-deux-guerres », très instructif pour comprendre les conditions d'introduction du *fordisme* en France⁹³. Pour avoir une idée sur le processus de rationalisation, on trouve l'article monographique de Hardy-Hemery (1970) sur les mines d'Anzin de 1927 à 1938, mais aucune référence aux premières publications de Moutet ou de Lequin, dont les noms n'apparaîtront qu'avec la synthèse ultérieure sur le taylorisme (Boyer, 1983)⁹⁴. On trouve encore Hatzfeld (1971) sur la protection sociale et deux ouvrages sur la crise des années 1930⁹⁵, sans oublier la synthèse de Sauvy (1975) sur l'histoire de la France entre les deux guerres. *Last but not least*, l'impressionnant travail quantitatif de Bouvier, Furet, Gillet (1965), précieux pour un économètre, mais dont l'intérêt pour le chercheur était contesté par au moins un de ses auteurs⁹⁶. Du côté des *sources* enfin, à côté de quelques ouvrages de Jacques Ruef (pour le

⁹¹ Wallerstein (1974) et quelques auteurs moins connus en France comme Lewis (1978) et Kuczynski (1946).

⁹² A partir duquel Robert Boyer conclut à « une extension considérable du taylorisme » (Boyer, 1979, P.31)

⁹³ Il est vrai que les principales idées se retrouvent dans Fridenson (1972a)

⁹⁴ A ce sujet, l'historien professionnel trouverait sans doute hasardeux de déduire de la lecture de ces seules monographies qu'il y a eu à cette époque « une extension considérable du taylorisme » (Boyer, 1979, p.31).

⁹⁵ Heffer (1976) et Kindleberger (1973) ; ce dernier n'était pas historien, mais économiste de renom, et fut Professeur au MIT.

⁹⁶ Jean Bouvier, entretien personnel, 1983. Dans ce domaine, on pourrait aussi ajouter les évaluations quantitatives de l'économiste historien quantitativiste Fontvielle (1976), celles de Basle, Mazier, Vidal (1979), Villa (1993), ou encore de Vidal (1989)

discours libéral) on trouve deux ouvrages sur la théorie marxistes des crises dont le classique Varga (1935).

On pourrait faire un travail similaire pour Boyer (1983), qui approfondit les conditions d'introduction du taylorisme en France, ou encore sur de *nombreux autres* travaux d'économistes intéressés par les questions historiques. Que peut on tirer de cet inventaire ? Premièrement, si pour un travail d'économiste, il y a *un effort de documentation qui apparaît sérieux et même hors du commun*, pour un historien, il s'agit uniquement d'informations que cette profession qualifie de « *seconde main* ». On sait que les historiens français sont particulièrement rigoureux sur l'appartenance à leur profession, et goûtent peu le travail des *amateurs*⁹⁷. Sans prétendre à la généralisation, on peut citer ici le commentaire que Clio (1995) retire de la lecture d'un mémoire de maîtrise d'histoire consacré aux rapports entre la théorie de la régulation et l'histoire⁹⁸, selon lequel : « *Certains historiens, pourtant proches, ne manquent pas de critiquer les régulationnistes dans l'usage de leurs recherches : caractère très daté de leurs références, pas de prise en compte des résultats les plus récents, absence de renouvellement* » (op.cité p.54).

Tous les historiens n'ont cependant pas réagit aussi négativement. Parmi les historiens cités, deux au moins ont répondu dans une certaine mesure positivement à l'appel régulationniste. Il y a d'abord Jean Bouvier, qui s'est intéressé à la théorie de la régulation dès ses débuts (Bouvier, 1978). Dans ses contributions ultérieures sur les crises (regroupées dans Bouvier, 1989), il ne manque jamais de mentionner les travaux régulationnistes. Mais ses élèves ne l'ont pas suivi dans cette voie après son décès en 1987. Il y a ensuite la coopération avec Patrick Fridenson, qui est à l'origine du numéro spécial du *Mouvement Social* de 1991. On retrouve ces deux chercheurs dans le réseau international et pluridisciplinaire GERPISA, consacré à l'étude de l'industrie automobile. Mais ce réseau semble plus tourné vers la mise en place de nouveaux systèmes productifs (Boyer, Durand, 1993) que vers l'étude historique

⁹⁷ Cf. par exemple Prost (1996) p. 35-36 « *La profession historique ...reste très liée à l'enseignement secondaire. La plupart des carrières de professeurs de faculté commencent en effet par un poste d'agrégé dans un Lycée* ». On sait par exemple que Philippe Ariès, qui échoua deux fois à l'agrégation, fut peu apprécié par une grande partie de la profession, et pas seulement pour des raisons politiques, même après son élection comme Directeur d'études à l'EHESS (cf. Annexe 1, note 1). On pourrait aussi évoquer les importants débats et critiques suscités par le travail historique du philosophe Michel Foucault à partir de l'histoire de la folie à l'âge classique.

⁹⁸ Jenkins M.M. (1990) *La théorie de la régulation : son histoire et ses rapports avec l'histoire*, mémoire de maîtrise, université d'Aix Marseille, 20 juillet. Nous n'avons pas pu accéder à ce document pour l'instant.

de la mise en place du fordisme⁹⁹. Lorsqu'un historien membre du réseau sort une synthèse sur *l'histoire de l'automobile française* (Loubet, 2001) aucune mention n'y est faite des questions et des travaux liés à la régulation.

Finalement, les régulationnistes n'étaient pas non plus les seuls économistes à chercher des « alliances » avec les historiens. En plus des historiens marxistes, un rapprochement a bien eu lieu sous l'influence anglo-saxonne, entre économistes et historiens. Mais celui-ci ne concerne aucun des deux courants visés par l'appel de Robert Boyer. Au contraire, des historiens américains, inspirés par le positivisme logique et ce que Ricœur (1983) appelle le « *modèle nomologique* » en histoire, ce sont retrouvés avec des économistes orthodoxes pour appliquer à l'histoire les formalisations a-temporelles de la théorie standard. Cette démarche, qui comprend la *new economic history*, rejette les aspects narratifs vers lesquels prétendent justement retourner les historiens français. Par contre, elle réalise la synthèse histoire-économie, mais dans une perspective non génétique, qui ne correspond pas à notre objectif.

Pour terminer ce rapide tour d'horizon des relations entre l'école de la régulation et l'histoire, on mentionnera les critiques de Latouche¹⁰⁰ (1994). Celui-ci note que chez les régulationnistes, l'intégration de l'histoire passe, comme on l'a déjà souligné, par les éléments composant les cinq formes institutionnelles. Celles-ci « *sont historicisées par emprunt d'analyses à des historiens de profession* » comme on vient de le voir avec Boyer (1979). Mais, selon Latouche, « *l'historicité de ces éléments à la différence de leur fonctionnement, n'est pas vraiment pensée ni prise en compte par l'analyse* » (op. cité p.4). Il prend pour exemple « *La difficulté des régulationnistes à penser la crise de l'Etat et surtout à modifier (leur cadre d'analyse) en conséquence (qui) illustre cette situation* » (id.). Pour lui, « *l'absence de prise en compte de l'historicité du cadre national-étatique n'est pas un oubli de l'histoire, elle résulte ultimement du refus de penser l'historicité (des catégories de) l'économie* » (id.). Si ce

⁹⁹ A l'exception des actes du GERPISA N° 16 d'août 1996, consacré à « *Ford et les autres entre les deux guerres* » et au numéro suivant qui contient un résumé du mémoire de DEA de Michel (1995) sur la mise en ligne de la production chez Renault entre les deux guerre Michel (1996).

¹⁰⁰ « Nous n'arrêtons pas de faire la cour aux économistes, mais il ne nous aiment pas (Jean Bouvier à Serge Latouche (1994), cité p.3

dernier exemple doit être nuancé pour la période récente¹⁰¹, nous nous accorderons avec cet auteur sur le principe de la nécessité de faire évoluer les éléments des formes institutionnelles, leur articulation, leur hiérarchie, et éventuellement leur nombre avec le mouvement historique.

Jusqu'à ce jour, il y a peu d'historicisation des *catégories intermédiaires* de l'analyse économique régulationniste. Un des apports importants de cette approche consiste en effet à proposer, avec les *formes institutionnelles*, des catégories qui se situent à un *niveau intermédiaire d'abstraction*. C'est par le biais de celles-ci que l'on peut caractériser la *spécificité historique* d'un régime macroéconomique. Mais ces catégories ont été pensées dans le contexte particulier du *fordisme*, même si nous l'avons vu, il y a au minimum une prise en compte du régime précédent et de la transition entre ces deux régimes. Il n'y a aucune raison pour qu'elles restent stables dans le temps. L'avantage du statut *intermédiaire* des formes institutionnelles, c'est précisément que *l'on peut en redéfinir historiquement les contours et le contenu* sans altérer les catégories plus abstraites dont le degré d'universalité peut être considéré comme inchangé. Il ne s'agit donc pas d'un *relativisme* absolu, mais seulement *relatif* à ce niveau intermédiaire d'abstraction.

Boyer (1976, 1981) nous a proposé une vision historique de la production des concepts et modèles de la macroéconomie dans l'après guerre¹⁰². *La théorie de la régulation devrait s'appliquer à elle même une telle approche critique*, ce que certains ont d'ailleurs commencé à faire en reconsidérant le rôle des acteurs et de la socialisation¹⁰³, ou en inversant l'ordre de priorité entre formes institutionnelles pour la période récente. Ainsi, par exemple, Pascal Petit pense-t-il que les formes de la concurrence sont plus déterminantes à l'heure actuelle pour caractériser le régime à venir que le rapport salarial (Amable, Petit, 1995, Petit, 1996, 1998).

¹⁰¹ En consultant Boyer, Saillard (1995) ou Lordon (1997) on peut voir que les questions liées à la pertinence de l'imbrication des niveaux géographiques d'analyse, aux catégories correspondantes (Etat, nation, région...) ou au degré de pertinence de la politique économique sont progressivement prises en compte.

¹⁰² Pour une vision historique du rôle des acteurs dans la genèse de la comptabilité nationale et du plan, on consultera Fourquet (1980).

¹⁰³ Par exemple : Billaudot 1996, tous les travaux d'Orléan et de Boyer, Orléan, Reynaud 1999. Comme on le montre plus loin, ces dimensions n'étaient pas absentes du projet d'Aglietta (préface de l'édition de 1982 de Aglietta, 1976).

La seconde critique vient justifier la démarche suivie dans le présent travail. Latouche souligne en effet que le problème de la *genèse* des éléments qui composent les formes institutionnelles n'est pas abordé et que la « *créativité et vitalité sociale* » ne tient aucun rôle dans l'analyse. (op. cit.p.6). Comme on l'a vu en introduction, un des projets de notre direction de recherche consiste précisément à essayer de trouver des méthodes pour rendre compte de cette dimension génétique¹⁰⁴. Avant de revenir à cette question dans les deux parties suivantes de ce chapitre, on va discuter plus généralement des relations entre économistes et historiens en partant du « *malentendu épistémologique* » sur l'articulation économie / histoire évoqué par Latouche (1994).

D - Histoire et économie : quels malentendus à la source de la « cohabitation conflictuelle » ?

Pour Latouche, le « malentendu » provient principalement du rôle que chacun des deux partenaires cherche à faire jouer à l'autre dans la cohabitation.

Il cite d'abord Max Weber comme un cas « *tout a fait significatif du destin du mariage de l'histoire et de l'économie* » (Latouche, 1994, p.7) En effet, pour Latouche, le projet de Marx Weber était d'expliquer l'émergence de l'économie moderne. Selon lui, Max Weber se réclamait de *l'individualisme méthodologique*, mais il s'agit en fait d'un individualisme méthodologique « *sophistiqué* » : l'individu sur lequel Max Weber raisonne « *est un homme socialisé par l'histoire, et qui fait l'histoire comme l'histoire l'a fait* » (op. cit. p.8) Dans ces conditions, Il n'est pas étonnant, pour Latouche « *que les économistes aient refusé de voir en Max Weber l'un des leurs. L'introduction, même à haute dose, d'économie, et même de raisonnement économique, dans l'approche holiste de la réalité sociale ne suffit pas pour obtenir le label d'économiste. On est pas économiste à moitié. n'est économiste que celui qui n'est qu'économiste.* » (op. cit. p.8-9). Cette opinion est confortée par la position de Schumpeter, déjà mentionnée¹⁰⁵ sur cette question : il reprochait à Max Weber d'avoir choisi le camp de la *compréhension*.

Le reste du débat a déjà été exposé en introduction. Il relève de la sociologie de la science et de la compétition institutionnelle pour l'établissement de la hiérarchie entre les disciplines :

¹⁰⁴ Devant la difficulté du problème, le champ d'analyse s'est progressivement réduit à des secteurs économiques (chapitre II), puis à des marchés (Chapitre IV).

¹⁰⁵ Schumpeter, 1954, tome III note 2 p.44 et note 9 en Introduction.

« *L'historien cherche à expliquer les faits et les évènements et, le cas échéant à en fournir une compréhension (..) En cela, l'histoire semble viser la scientificité sociale, voire être la science. L'économie politique constitue dans cette démarche un auxiliaire précieux (c'est moi qui souligne dp) et irremplaçable, bien qu'ambigu. L'historien va puiser dans le corpus théorique de l'économie des mécanismes dont la portée explicative est incontestable pour éclairer les évènements (..) Toutefois l'historien ne se sent pas tenu d'un devoir de loyauté à l'égard du noyau dur de la théorie économique. Sa déontologie bien au contraire le pousse à consommer ce dont il a besoin pour « bricoler » ses montages et les rendre le plus crédible possible, sans s'engager dans le piège d'une quelconque autonomie disciplinaire (..) Tandis que l'économiste recherche des lois universelles et des relations rigoureuses, si possible formalisables ou quantifiables et nécessairement abstraites (..) l'historien cherche à accumuler les éclairages convaincants des événements singuliers. Il place sa scientificité dans la rigueur des méthodes pour établir les faits : pour le reste, sa démarche est sciemment rhétorique et non logico-mathématique (c'est moi qui souligne, dp) Même s'il peut être séduit par l'immense talent d'un Braudel, l'économiste ne manquera pas d'être choqué par l'incorrigible éclectisme de la vision historienne. Ainsi, le concubinage est notoire, mais le malentendu est total » (Latouche, 1994, p.12-13)*

On notera cependant que la position pragmatique de Braudel (1969) sur cette question est beaucoup plus nuancée :

« *Chaque science sociale est impérialiste même si elle se défend de l'être ; elle tend à présenter ses conclusions comme une vision globale de l'homme » (op.cit., p.86)*

« *La sagesse consisterait à ce que nous abaissions tous ensemble nos traditionnels droits de douane, la circulation des idées et des techniques s'en trouveraient favorisées et, en passant de l'une à l'autre des sciences de l'homme, idées et techniques se modifieraient sans doute mais créeraient, esquisseraient au moins un langage commun ».* (op.cit., p.90).

Si les projets de Braudel se sont traduits au niveau institutionnel par la création des « Maisons des Sciences de l'Homme » et de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, pour beaucoup, la pratique disciplinaire effective se traduit plus par un maintien du protectionnisme que par l'avènement du libre échange. Chacun restant sur son pré carré, les

économistes à la recherche de données ont opté pour la constitution de leurs propres séries statistiques, avec leur propre méthodologie, à commencer par le projet d'histoire quantitative de l'économie française basé sur une application rétrospective des concepts de la comptabilité nationale, et mis en route par l'équipe de l'*Institut de Science Economique Appliquée* (ISEA) dirigé par Jean Marczewski. Bien entendu, cette initiative a été critiquée (Bouvier, 1974b) en particulier par les historiens économistes comme Pierre Vilar, Jean Bouvier ou encore (sur l'autre bord) Pierre Chaunu, qui ont participé au mouvement sur l'histoire sérielle (aujourd'hui contestée). Toujours est-il que comme personne ne veut être l'auxiliaire de l'autre, les économistes sont condamnés à établir par eux-même leurs propres séries chronologiques, comme l'ont fait par exemple, après Marczewski : Fontvielle (1976) ; Basle, Mazier, Vidal (1979, 1984) ; Vidal (1989) ou encore Villa (1993). Mais constituer des séries n'est pas une activité auto-suffisante, encore faut-il le faire par référence à un cadre théorique spécifique

1.2. De l'analyse historique à l'analyse économique comparative des systèmes historiquement identifiés : une première réflexion méthodologique

L'évolution des économies peut être vue comme un processus continu, où les acteurs redéfinissent en permanence les caractéristiques techniques, institutionnelles, organisationnelles et sociales des systèmes auxquels ils appartiennent. Une première démarche de *l'économie historique* consiste à découper ce processus en *périodes* à l'intérieur desquelles on peut identifier un certain nombre de *régularités* dans leur *spécificité historique*. Cette démarche est généralement complétée dans plusieurs directions : analyse comparative (temporelle et/ou géographique) des systèmes ainsi identifiés, propositions théoriques sur l'articulation des systèmes entre eux (par exemple, les « modes de production », eux-même subdivisés en « stades » chez Marx, les « étapes » de la croissance chez Rostow etc...). On ne discutera pas ici des aspects les plus anciens de ces travaux d'économie « historique » ou « institutionnaliste » dont Hodgson (2001) a proposé récemment une synthèse, pour se limiter aux approches théoriques récentes qui ont effectivement servi de point de références pour la démarche suivie dans les travaux présentés ici.

Pour les historiens, il s'agit de la notion de *systèmes techniques* proposée par Gilles (1978). Pour les économistes, on tentera de clarifier les articulations possibles entre les notions de *régimes socio-techniques*, *paradigmes technologiques*, *régimes de croissances* qui sont toutes discutées dans l'ouvrage collectif publié en 1988 par Dosi & alii : *Technical Change an Economic Theory*. Ces dernières notions ont, en effet, apporté un cadre de réflexion

complémentaire pour le traitement des questions posées par les travaux sur l'automobile présentés dans ce chapitre. Elles ont également servi de référence lors des travaux ultérieurs sur les Technologies de l'Information et de la Communication, qui seront présentés dans le chapitre II¹⁰⁶.

1.2.1. L'analyse historique des systèmes techniques..

Bertrand Gille, utilise la notion de « *système technique* » pour souligner les interdépendances qui relient différentes technologies au cours de leur histoire : « *toutes les techniques sont à des degrés divers, dépendantes les unes des autres, et il faut nécessairement entre elles une certaine cohérence : cet ensemble de cohérences aux différents niveaux de toutes les structures de tous les ensembles et de toutes les filières composent ce que l'on peut appeler un système technique* » (Gille, 1978).

Cette position est illustrée par les travaux de Caron (1997), qui met en perspective « *les deux révolutions industrielles du XX^{ième} siècle* » avec la première révolution industrielle du XIX^{ième} siècle. Dans le cas de cette dernière, il souligne comment les innovations sont d'abord apparues en réponse à des problèmes inhérents à l'ancien système¹⁰⁷. Il montre ensuite comment les innovations sectorielles se sont progressivement combinées pour former système, avec l'aide de technologies et d'infrastructures transversales spécifiques, comme l'industrie mécanique, qui ont permis la fabrication de machines à vapeur et de machines-outils, ou le rôle du chemin de fer et du télégraphe.

Mais son analyse historique repousse tout déterminisme technologique univoque : « *la technique est une construction sociale* » et l'auteur souligne le *rôle des acteurs*, les détenteurs du savoir et du savoir-faire (artisans ouvriers, ingénieurs et chercheurs), les entrepreneurs, les pouvoirs publics et les consommateurs, dans l'émergence et l'adoption des technologies et des produits de ces technologies, de sorte qu'une révolution industrielle résulte en premier « *d'une transformation progressive, mais radicale du comportement des acteurs* ». Mais le

¹⁰⁶ Les deux sous-sections ci-dessous constituent une version remaniée d'un article collectif (avec Godefroy Dang Nguyen et Pascal Petit) intitulé « Les enjeux économiques et sociaux de la Société de l'Information ». Cet article introduit un numéro spécial de la revue *Communications & Stratégies* sur la *Société de l'Information* (N° 28-4, 1997).

¹⁰⁷ « *Ces innovations étaient pour la plupart d'entre elles, destinées à faire face à des dysfonctionnements du système que la pression de la demande rendait de plus en plus intolérable* » Caron (1997)

lien est dialectique, et en retour « *la technologie construit le social...* ». L'émergence de chaque système technique entraîne la construction d'un nouveau système de production et de qualification et la disparition progressive du système précédent... Certains nouveaux savoir-faire viennent se greffer sur des pratiques antérieures, d'autres, au contraire, se substituent purement ou simplement aux anciens ; d'autres enfin, sont entièrement nouveaux et créent des qualifications inédites... Ainsi, lors de la première révolution industrielle, le *factory system* se substitue au *domestic system*, et avec la deuxième révolution industrielle, la production de masse vient écartier l'organisation manufacturière précédente (Hounshell, 1984).

Mais l'émergence d'un nouveau système technique se traduit également par des transformations d'ensemble de la société. Les innovations initiales prennent leurs racines dans les limitations même de l'ancien système, mais leurs directions futures restent ouvertes, largement imprévisibles, et la trajectoire suivie par la nécessaire recherche de cohérence systémique s'imposent en retour aux acteurs : « *la technologie peut être considérée comme l'expression des aspirations de la société, car la réussite d'un produit dépend de sa capacité à leur donner une réponse. Mais elle s'impose aussi à elle. Elle peut orienter la consommation dans des directions que les acteurs en présence n'avaient pas nécessairement prévues* » (Caron, 1997, p.28).

Ainsi, Caron montre comment, d'une part, les Technologies de l'Information et de la Communication et, d'autre part la micro-électronique se sont initialement développées pour répondre à des besoins spécifiques à la « *société de masse* », puis ont contribué, peu à peu, à en altérer le fonctionnement, allant jusqu'à remettre en cause ses fondements.

Si l'historien constate un certain degré de récurrence dans les phénomènes techniques et sociaux, son métier l'amène d'abord, comme on l'a déjà vu, à souligner « *l'irréductible spécificité de chacune des expériences techniques* ». Sans nier cette spécificité, les économistes du changement technique ont cherché à identifier plus systématiquement les éléments de permanence dans la diversité des évolutions observées

1.2.2. L'analyse économique comparative des systèmes techniques : « régimes socio-techniques » et « paradigmes technologiques ».

L'analyse économique *comparative* des systèmes techniques cherche à identifier des éléments *génériques* (susceptibles de se reproduire dans le temps) et des déterminants *spécifiques* aux systèmes observés. Les premiers servent à déterminer les caractéristiques stylisées qui permettent de représenter des systèmes techniques, économiques et sociaux successifs comme des *régimes* particuliers.

A – Régimes socio-techniques et technico-économiques.

Freeman et Perez (1986), (1988) ont proposé la notion de « régimes socio-techniques » pour caractériser les effets structurants des technologies sur la société et les contraintes en retour des institutions sociales et économiques sur le développement de la technologie. L'idée de « régimes technico-économiques » renvoie à un ensemble de systèmes techniques interdépendants, associé à un mécanisme spécifique de formation des prix, un mode d'organisation de production et de distribution des richesses. On peut caractériser un régime technico-économique par huit grandes évolutions, que l'on peut regrouper en trois catégories (encadré 1-2).

Au cœur de ces régimes socio-techniques on trouve la notion de « technologie stratégique », proposée par Freeman et Soete, (1991). Celle-ci caractérise une technologie « présentant un potentiel de gain de productivité » et « capable de révolutionner les processus de production et de fourniture de toutes les autres industries et services ». Le secteur stratégique (ou « fondamental » pour Freeman et Soete) est alors celui dont la dynamique supporte la diffusion intersectorielle des représentations et des pratiques qui le caractérisent, et cette diffusion assure la cohérence d'ensemble du régime technico-économique.

Clark, Freeman, Soete (1982) ont été amenés à critiquer le rôle dans l'émergence des nouveaux systèmes techniques des *grappes d'innovations* postulées par Schumpeter (1911) mais restées largement inexplicées par ce dernier (cf. Perroux, 1965). L'observation de l'histoire des systèmes techniques par ces auteurs montre en effet que ces *grappes* ne sont pas plus particulièrement concentrées dans les périodes de dépression comme le soutien par exemple Mensch (1979) ou dans les périodes d'expansion (Schmookler), mais que leur processus de formation, long et irrégulier suit une logique complexe et contingente que l'on

retrouve dans la diffusion de tout nouveau système technique (Clark, Freeman, Soete, 1982)

108

**Encadré 1-2 : les évolutions caractéristiques de l'émergence
d'un nouveau régime technico-économique**

A. Evolutions concernant l'organisation du processus productif.

1. Une nouvelle forme d'organisation du processus productif.
2. De nouvelles formes de qualification des travailleurs.
3. De nouvelles formes de consommations intermédiaires dont l'émergence est liée à la mise en œuvre des innovations radicales et incrémentales caractérisant les nouvelles formes d'organisation.

B. Evolutions concernant l'organisation du système productif.

4. De nouveaux modèles de localisation des investissements dans l'espace, associé à une redistribution des avantages comparatifs.
5. Le développement de petites entreprises innovantes, affluant dans les nouvelles branches en expansions, pouvant aller jusqu'à en engendrer de nouvelles.
6. Une concentration des firmes dans de nouveaux secteurs clefs de l'économie.
7. Des investissements en infrastructures engendrant de nouveaux effets externes (effets de réseaux).

C. Evolutions concernant les formes de la consommation et le mode de vie.

8. De nouveaux produits et un nouveau système de consommation, associé à de nouvelles formes de distribution.

On peut ainsi observer qu'il se passe souvent plusieurs dizaines d'années entre l'émergence de certaines innovations clé et le déploiement du régime technico-économique que ces innovations contribueront à former. Par exemple, l'invention des véhicules automobiles date

¹⁰⁸ Pour une synthèse sur ces questions et sur les controverses autour des mouvements longs, cf. Bosserelle (1994).

du tournant du siècle et la prédominance du moteur à explosion n'est pas immédiate. La diffusion des techniques de production de masse s'étale entre les années vingt (convoyeurs chez Ford, presses *Budd* pour les carrosseries métalliques) et les années cinquante (machines transfert, généralisation de la production de masse en Europe¹⁰⁹). Les innovations salariales associées, comme l'indexation du revenu salarial sur les gains de productivité des secteurs moteurs n'interviendra qu'à partir du « *compromis d'après guerre* ». Le prochain chapitre mettra en évidence des délais et des contingences similaires. David (1991) en comparant les temps de diffusion du moteur électrique avec celui de l'ordinateur (comme figure emblématique des technologies de l'information et de la communication) insiste sur l'ampleur des délais de mise en place d'un nouveau système : les moteurs électriques ont mis quelques cinquante années pour s'imposer après leur invention initiale.

A partir de ce schéma générique, Chris Freeman et Luc Soete assurent que le prochain régime technico-économique sera largement fondé sur les Technologies de l'Information et de la Communication. L'organisation typique associée à ces technologies serait caractérisée par une forte intégration entre production, gestion, et conception. Avec ces techniques, les firmes devraient être plus flexibles et mieux s'adapter aux évolutions de la demande. L'encadré 1-3 compare rapidement une esquisse réalisée en 1991 par ces auteurs du nouveau régime socio-technique émergent comparativement aux grands traits de l'ancien régime.

La démarche répond mieux aux interrogations des économistes que la précédente mais elle pose un certain nombre d'autres problèmes. Elle donne un cadre stylisé pour penser les transformations structurelles mais reste assez peu précise sur les conditions de la transition entre technologies stratégiques comme entre divers régimes. Il faut reconnaître que cette dernière notion fait l'objet de définitions variées et que la polysémie de concepts comme celui de paradigme qu'elle utilise ne favorise pas la recherche de précision qui rendrait l'approche plus opératoire ¹¹⁰.

¹⁰⁹ Avec la notable exception du Royaume Uni, protégée par son environnement insulaire et par ses pratiques sociales (cf. Lewchuk, 1987)

¹¹⁰ qui permettrait par exemple de comparer le degré de maturité des régimes, d'avancement des apprentissages et d'efficacité relative d'un pays à l'autre.

Encadré 1-3 : Un régime technico-économique centré sur les TIC

Régime <i>fordien</i>	Régime centré sur les TIC
Forte consommation énergétique	Rôle déterminant de l'information
Conception en bureaux d'étude	conception assistée par ordinateur
Organisation séquentielle des processus productifs	Ingénierie simultanée
Standardisation	Différenciation, particularisation
Stabilité relative des gammes de produits	Evolution rapide des gammes de produit
Usines et équipements spécialisés	Systèmes de production flexible
Automatisation	Organisation systémique
Entreprises isolées	Réseaux d'entreprises
Structures hiérarchiques	Structures horizontales
Fragmentation / division du processus productif	Intégration / recomposition du processus productif
Les services ne sont que les compléments des produits	Les produits servent de support aux services
Centralisation	Intelligence répartie
Main-d'œuvre spécialisée	Main-d'œuvre polyvalente
Pilotage de l'état, nationalisations	L'état diffuse l'information, coordonne, réglemente
“ planification ”	“ vision ”

Source : d'après Perez (1990), Freeman, Soete (1991), (1995)

B - le paradigme technico-économique

Certains auteurs, dont Abernathy, Utterback (1978), ou Dosi (1982),(1984) ont étendu aux pratiques technologiques, l'usage du concept de « *paradigme* », conçu en sociologie de la recherche fondamentale par Kuhn (1970). Chez les premiers, le terme de paradigme se réfère au cycle de vie d'un nouveau produit ou d'une nouvelle industrie (l'automobile par exemple). Dans une première phase « *pré-paradigmatique* », les caractéristiques du produit ne sont pas encore fixées, mais au fur et à mesure du processus de diffusion, ses caractéristiques de production et d'usage se précisent pour aboutir à une situation stabilisée qui caractérise alors ce paradigme et s'impose aux acteurs concernés. C'est ce qu'Utterback qualifie de « *dominant design* » (Utterback, 1994). Pour Dosi, cette notion a une portée multi-dimensionnelle qui lui donne plus de puissance (de petits paradigmes pourraient être imbriqués dans de plus larges), mais peut également prêter à confusion : d'autres auteurs évolutionnistes italiens (cf. par exemple Mariotti, 1997), utilisent ainsi le terme de « *paradigme technico-économique* » comme synonyme de *régime socio-technique*.

Plus précisément, Dosi définit un *paradigme technologique* pour un secteur d'activité particulier, « *Comme un modèle de résolution de certains problèmes technico-économiques fondé sur des principes de connaissance hautement sélectionnés dérivés des sciences, conjointement avec des règles spécifiques conçues pour acquérir de nouvelles connaissances et les préserver, dans la mesure du possible, contre une rapide diffusion vers les concurrents* » (1988, p.1127). Selon cette grille d'analyse, une innovation est considérée comme « *radicale* », lorsque les potentialités qu'elle recèle conduisent ultérieurement à la transformation fondamentale du modèle dominant. Les innovations « *clef* » qui ont été citées plus haut dans le cas de l'automobile (presses *Budd*, convoyeurs etc...) sont donc bien des innovations radicales dans la mesure où elles ont contribué à structurer l'industrie dans son ensemble. Les rendements d'échelle associés à ces techniques appellent la concentration de l'industrie et la production de masse. Cette dernière ne peut trouver de débouchés sans l'émergence d'une nouvelle demande, plus populaire. Celle-ci ne peut en retour exister sans changement du régime salarial etc...

Plus spécifiquement, une *innovation radicale* constitue le noyau d'une base de connaissance, destinée à s'agrandir au fur et à mesure que s'établissent de nouvelles règles de résolution, associées à de nouveaux produits et de nouveaux modes de production. Un nouveau paradigme peut se propager ainsi dans les domaines voisins en s'appuyant sur l'existence d'une technologie ou d'un support *générique*. Le principe du convoyeur permet ainsi de généraliser la production à la chaîne bien au-delà de l'industrie automobile.

Mais un paradigme rencontre des limites, et « *la trajectoire technologique, quelle qu'elle soit, ... en épuise - dans une certaine direction, de manière irréversible - les potentialités* » (Dosi, 1982). Lors de l'émergence d'un nouveau paradigme, la conjonction des stratégies d'adaptation internes et externes au domaine considéré déplace les éléments constitutifs de l'ancien système au-delà de ses conditions de viabilité. Les opportunités technologiques se multiplient et le système entre en crise ; compétitions technologiques et stratégies d'acteurs jouent alors un rôle déterminant dans la morphogenèse du nouveau paradigme.

L'approche par les paradigmes technologiques utilise un ensemble de *faits stylisés*¹¹¹, dont la finalité est de fournir une *représentation analytique simplifiée des régularités* que l'on peut

¹¹¹ Par exemple, Dosi (1988) énonce les principaux faits stylisés qui concernent, selon lui, la dynamique de l'innovation. Les processus d'innovation sont caractérisés par une incertitude radicale qui n'est pas réductible à

identifier dans l'évolution historique des systèmes économiques, techniques et sociaux. Des questions telles que la coexistence entre paradigmes, la genèse d'un nouveau paradigme ou l'enchaînement entre paradigmes restent posées. Des éléments de réponses méthodologiques seront proposés dans la section suivante (§ 1.3.) et ils seront ensuite appliqués dans le chapitre II à deux secteurs des Technologies de l'Information et de la Communication (télécommunications, informatique).

L'approche par les paradigmes technologiques a ainsi le mérite de poser clairement la question de l'*émergence* de tels paradigmes, qui est au cœur des investigations historiques sur l'industrie automobile présentées dans ce chapitre. Mais cette approche ne fournit pas non plus à l'heure actuelle de solution définitive pour traiter de cette classe de phénomène, même si certains travaux se sont orientés dans ce sens. Nous discuterons plus loin d'un cadre théorique plus abstrait qui pourrait permettre de mieux rendre compte des *processus de transition*, mais il nous faut encore évoquer la question de l'interdépendance entre la dimension sectorielle ou infra sectorielle des différents paradigmes et le régime macroéconomique d'ensemble. Les approches post-keynésiennes, évolutionnistes et institutionnalistes ont entrepris depuis quelques années une réflexion sur les modalités théoriques de ces différentes formes d'intégration¹¹².

C - Les systèmes nationaux d'innovation

Pour Lundvall (1992), le rythme et la direction de l'innovation dépendent des institutions qui encadrent la création et la diffusion des connaissances scientifiques et techniques. De ce point de vue, le système national d'innovation est d'abord un système social qui favorise plus ou moins les apprentissages. Par exemple, les régimes nationaux de protection des droits de propriétés (comme les brevets) vont jouer un rôle majeur dans l'incitation à innover et dans la détermination des structures de marché. Mais ils peuvent aussi avoir des effets négatifs, par

une insuffisance d'information sur une cible prédéterminée. Les opportunités technologiques deviennent fortement liées aux découvertes scientifiques (exogènes). Les activités de R & D seraient de plus en plus intégrées aux firmes innovatrices. En plus de la R & D, l'innovation provient également des processus d'apprentissage. Les formes du changement technique ne sont pas réductibles à des réponses simples ou à des conditions imposées par les marchés ; leur trajectoire a le caractère d'un processus cumulatif. Les conditions qui gouvernent la diffusion du changement technique sont spécifiques à chaque domaine ou secteur d'activité.

¹¹² Cf. par exemple : Dosi & alii, 1988 ; Bartoli, Boulet, 1989, 1990 ; Boyer, 1990 ; DuTertre, Petit, 1991 ; Rosier 1993 ; Boyer, Saillard eds., 1995 ; Hollingsworth, Boyer, 1997 ; Brousseau, 2000, Hodgson, 2001...

exemple si la rente associée à la protection est trop longue, ou excessive par rapport à l'effort fourni, ou encore si la protection contre les copies représente un obstacle à la diffusion sociale des connaissances, comme cela sera discuté plus loin pour le logiciel informatique (2.3.3.)

Antonelli et Foray (1992) soulignent ainsi que ces régimes nationaux constituent autant de compromis locaux entre la volonté de protéger l'innovation par une rente temporaire et la volonté de faciliter la diffusion des connaissances. De même, l'organisation scientifique, le système éducatif, le financement de la recherche et de l'innovation, l'organisation industrielle inter et intra-firmes et les modes d'intervention des pouvoirs publics sont autant de facteurs qui contribuent à spécifier les Systèmes Nationaux d'Innovation. Ces différents systèmes évoluent eux-mêmes de façon plus ou moins liée. On désigne cette dépendance relative par le terme de « co-évolution », par analogie aux évolutions d'espèces interdépendantes dans un système écologique (Nelson, 1994) .

Dans différentes périodes historiques, ou pour différents pays, certains de ces éléments peuvent jouer un rôle plus ou moins important pour l'innovation. Dans un monde largement ouvert à la concurrence extérieure et aux échanges, l'analyse des systèmes d'innovation apparaît comme partie intégrante d'une interrogation générale sur la compétitivité des nations. Cette perspective « fonctionnelle » cadre en effet une approche dont les limites n'apparaissent pas évidentes. D'une certaine façon toutes les institutions d'une nation concourent, à un certain niveau, à l'effort national d'innovation. Cette dimension « système national » a été prise en compte pour essayer d'évaluer les perspectives de développement des opérateurs des pays d'Europe centrale engagés plus ou moins tardivement selon les traditions et les trajectoires nationales dans des partenariats avec des opérateurs européens ou nord-américains (Kontkiewicz-Chachulska, Phan 1995, 1998 et § 2.2.2.). Elle s'avère également utile pour rendre compte de l'émergence de la commutation numérique-temporelle dans les télécommunications (Quelin, 1992, 1996 ; Phan, Sommer, 1997, 2000 et § 2.2.3.).

Cette démarche, complémentaire aux précédentes, pose cependant un certain nombre de problèmes. Elle propose un cadre stylisé pour penser les transformations structurelles mais reste assez peu précise sur les conditions de la transition entre technologies stratégiques comme entre divers régimes. Il faut reconnaître que cette dernière notion fait l'objet de

définitions variées et que la polysémie des concepts qu'elle utilise, comme celui de paradigme, ne favorise pas la recherche de précision qui rendrait l'approche plus opératoire¹¹³.

1.2.3. Des régimes de croissance, fondements institutionnels des modes de développement macroéconomiques aux régimes sectoriels de développement.

La notion de régime de croissance macroéconomique

Nous avons vu (§ 1.1.1) que les régulationnistes insistent sur la variabilité dans le temps et dans l'espace des dynamiques macro-économiques, en relation avec la diversité et l'évolution des structures économiques et des formes institutionnelles. La notion de *régime de croissance* (Boyer 1988a) vise à rendre compte de cette pluralité des formes de l'évolution économique. Sa caractérisation dépend de l'analyse des structures économiques et des formes institutionnelles.

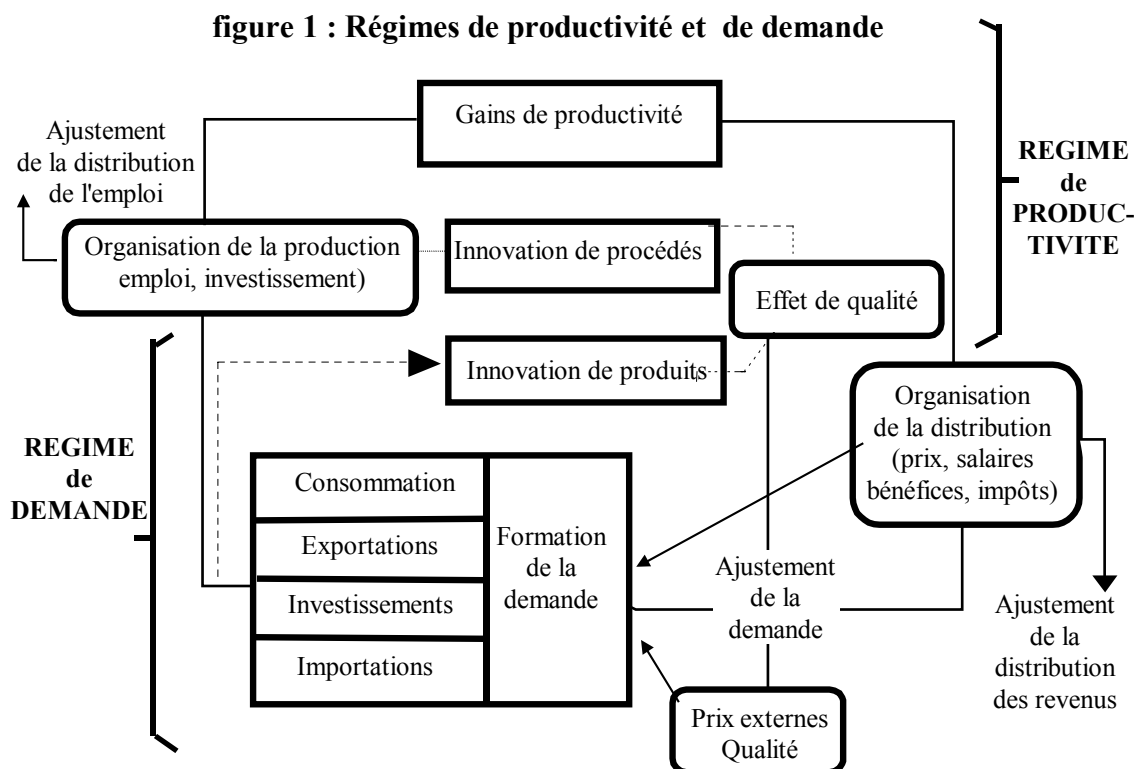
Un régime de croissance se caractérise ainsi par des régularités spécifiques dans l'interaction entre les déterminants de l'offre et de la demande. Le *régime de productivité* décrit les déterminants de l'évolution de l'efficacité économique : formes d'organisation de la production et de rapport des salariés aux moyens de production, horizon temporel gouvernant les choix d'investissement et la diffusion des innovations. Compte tenu des modes de vie, le *régime de demande* décrit la formation de la demande globale à travers les conditions de la répartition de la valeur ajoutée créée.

Un régime de croissance explicite ainsi les interdépendances entre ces deux dynamiques économiques centrées respectivement sur l'offre et la demande. Au centre de ces interdépendances, on trouve, d'une part le *trade-off* entre les conditions d'obtention des gains de productivité et, d'autre part, les conditions selon lesquelles les critères de répartition de ces gains entre les facteurs de la production contribuent à la formation de la demande. Cet enchaînement explicite bien un schéma de croissance d'ensemble pour une économie. La caractérisation historique de tels schémas va dépendre de ces deux déterminants. D'un côté, la formation des gains de productivité est conditionnée par les principes d'organisation de la production, l'ampleur des investissements, le rythme et la direction des innovations, ainsi que la diffusion des technologies correspondantes. De l'autre côté, la diffusion de ces gains de

¹¹³ Qui permettrait, par exemple, de comparer le degré de maturité des régimes, d'avancement des apprentissages et d'efficacité relative d'un pays à l'autre.

productivité dépendra d'autres caractéristiques comme les règles de répartition de la richesse créée entre salaires, prix, profit et impôts, ou les mécanismes qui déterminent les composantes de la demande, compte tenu de la répartition des richesses : consommation, investissement, (de nature publique ou privée), importation, exportation (figure 1-1).

figure 1-1



Source : Pascal Petit, reproduit depuis Dang Nguyen, Petit, Phan (1997)

La caractérisation selon cette méthode des conditions de la croissance d'après-guerre (les « trente glorieuses ») permet ainsi aux régulationnistes de faire apparaître les principes de la croissance « *fordiste* ». Du côté du régime de productivité, les gains de productivité provenaient en grande partie d'économies d'échelle associées à la diffusion des principes de l'organisation « scientifique » du travail, accompagnée par une automatisation de nombreux processus productifs. Du côté du régime de demande, la diffusion des augmentations salariales obtenues grâce aux gains de productivité des secteurs « moteurs » vers les autres secteurs de l'économie (Boyer Mistral, 1978), associée à la mise en place de formes de salaires indirectes, exerçait des effets d'entraînement en stimulant la consommation des ménages qui en retour entraînait les investissements.

La croissance soutenue ainsi obtenue permettait alors aux entreprises d'anticiper une extension de leurs marchés et d'augmenter en conséquence leurs moyens de production. Le

cercle vertueux de croissance que l'on vient d'esquisser n'a pu se maintenir que grâce à une *configuration particulière des cinq formes institutionnelles*¹¹⁴ formant système. Il s'agit principalement du *rapport salarial* (formation des composantes du revenu salarial, régimes de travail, mode d'indexation des salaires etc.). Nous avons vu dans le cas de l'industrie automobile française, comment l'existence indépendante de certains éléments de revenus indirects (allocations familiales, protection sociale) avait été insuffisante pour permettre au secteur automobile de tirer parti de rendements d'échelle importants associés à la rationalisation et aux nouvelles technologies (comme les presses *Bud*) afin de jouer un rôle moteur dans la croissance économique entre les deux guerres. En particulier, le refus de la mise en place d'un système d'indexation des salaires par les autorités sur-arbitrales durant la seconde phase du front populaire n'a pas permis la mise en place d'une boucle de croissance vertueuse tirée par la demande.

Le régime de développement sectoriel

La notion de « *régime de développement sectoriel* » a été introduite dans Phan (1996) en association avec celle de *paradigme technologique*, pour rendre compte de « *l'ancien régime des télécommunications* »¹¹⁵ qui sera décrit plus loin (§ 2.1.2.) de manière abstraite, indépendamment de sa genèse et de sa crise actuelle. Un *régime de développement sectoriel* peut ainsi être interprété comme *un ensemble de faits stylisés, organisés en système spécifique, dont la finalité est de fournir une représentation analytique simplifiée des régularités que l'on observe pendant la période « normale » d'évolution du secteur considéré.*

Il peut être caractérisé par « *homologie* »¹¹⁶ avec le *régime de croissance macroéconomique* que l'on vient de définir, à partir des dispositifs institutionnels et des formes de régulations

¹¹⁴ définies dans l'encadré 1 au début de ce chapitre.

¹¹⁵ La notion de *régime* a été définie en introduction comme une *représentation théorique* contingente, historiquement repérable, d'une configuration technique, institutionnelle et organisationnelle suffisamment stable pour que ses caractéristiques économiques (en particulier sa dynamique « normale ») puissent être étudiées indépendamment des conditions historiques de leurs genèse.

¹¹⁶ L'homologie est une notion utilisée par Bourdieu pour qualifier les rapports entre différents champs sociaux. Chez ce dernier, tous les champs sociaux s'inscrivent dans le « champ des champs », celui des classes sociales. Tous les champs ont également une même structure bipolaire, qui oppose un pôle dominant et pôle dominé. Mais au delà de ce point commun cette opposition prend un caractère spécifique pour chaque champ considéré : ils ont tous leur logique propre et se trouvent en situation *d'autonomie relative* ; en effet, quelque soient les formes

qui lui sont propres¹¹⁷, mais sa spécificité sectorielle est renforcée par la prise en compte du paradigme technologique qui structure les activités du secteur considéré.

Les *paradigmes technologiques* sont des abstractions¹¹⁸ utilisées pour la commodité de l'analyse, tout comme les « *mondes de production* » de Salais, Storper (1994). Ils synthétisent les caractéristiques les plus saillantes du système formé par les représentations et les pratiques des individus qui participent de ces manières de produire et de valoriser les produits. Le mode d'abstraction est donc par nature différent de celui qui caractérise notre notion de *régime*, dans la mesure où celui-ci renvoie non à l'individu, mais à la dynamique d'ensemble de l'espace économique qu'il caractérise : marché, secteur, nation. Par contre, le principe de l'abstraction reste le même. La réalité peut souvent être vue théoriquement comme une hybridation entre des abstractions. Du point de vue paradigmatique, la période de transition entre deux paradigmes est caractérisée par des dissonances cognitives et des inadaptations pratiques. L'issue peut être soit une reconversion, par équilibration, des structures intellectuelles de l'individu considéré (une conversion au nouveau paradigme), soit une

spécifiques que peuvent prendre les rapports internes à un champ particulier, *l'organisation de ce champ n'est pas déterminée par sa seule logique interne, mais toujours par rapport à la logique du « champ des champs ».*

¹¹⁷ L'approche développée ici s'inspire des propositions avancées par Boyer (1990) à partir des catégories conçues par Bartoli, Boulet (1989), (1990) à l'occasion de leurs travaux sur le secteur viticole. On substitue cependant la notion de *régime de croissance*, utilisée par Boyer (1988b) selon une perspective macroéconomique (cf. § 1.2.3.) à la notion de *régime d'accumulation* utilisée dans ce débat. Le *régime de développement sectoriel* a donc vocation à se substituer au « régime économique de fonctionnement » (sectoriel) proposé par Bartoli, Boulet. Sur cette question, cf. également Du Tertre, Petit (1991) et Du Tertre C. (1995).

¹¹⁸ Pour Dockès (1993) « *un paradigme n'est pas la représentation stylisée d'un système concret, mais une façon hégémonique (ou qui tend à le devenir) de penser globalement la production, une conception pratique largement partagée en premier lieu par ceux qui jouent un rôle déterminant d'orientation (...) quand à la façon efficiente de produire (et de distribuer) tels biens, de faire évoluer le système productif et donc de résoudre les différentes questions qui se posent.* ». Nous sommes en accord avec la première partie de cette proposition, au sens où un *paradigme* n'est pas un régime, c'est à dire la reconstruction rationnelle de processus dynamiques à des fins d'analyses. Mais il s'agit cependant pour nous quand même d'une abstraction, dans la mesure où il s'agit d'abord d'un système de représentations et de pratiques qui peut varier d'un individu à l'autre et se combiner dans des proportions avec des représentations ou des pratiques anciennes, sans que l'individu en ait nécessairement conscience. De plus, tous les individus n'ont pas nécessairement le même degré de conscience de cette dimension paradigmatique, comme de son contenu. La reconstruction rationnelle que nous qualifions de « paradigme » et donc nécessairement une représentation stylisée, car moyenne, épurée, des représentations et des pratiques individuelles. C'est donc bien une abstraction.

élimination sélective. Ainsi, au début des années quatre vingt, Alcatel s'est débarrassé (par licenciements) de milliers d'électrotechniciens, qui ont ultérieurement été remplacés par des électroniciens et des informaticiens. A la Direction Générale des Télécommunications, les techniciens ont été reconvertis (conversion) ou ont passé des concours pour devenir cadres à la Poste (ce qui représente à la fois une élimination sélective - pour la DGT et une reconversion - pour les individus). Dans le domaine des *régimes*, le support concret n'est plus l'individu, mais un espace économique particulier. Si celui-ci est suffisamment petit (un marché) il peut soit être progressivement éliminé, dans tous les autres cas de figure, c'est généralement l'adaptation (la conversion) qui est la règle. La période de transition entre deux régimes peut également être vue théoriquement comme une hybridation entre deux systèmes abstraits, ce qui suppose un cadre méthodologique adéquat qui sera proposé plus loin (§ 1.3.)

La stabilité d'un *régime de développement sectoriel* dépend, de manière contrastée, d'un *double niveau de cohérence*. Le niveau de *cohérence « interne »*, d'une part, concerne l'organisation du secteur autour du paradigme technologique qui le caractérise. On peut considérer cette cohérence interne comme un élément constitutif du système. A ce titre, elle est donc primordiale et doit être considérée comme une condition nécessaire de sa stabilité dynamique¹¹⁹. Le niveau de *cohérence « externe »*, d'autre part, occupe une place moins centrale dans le dispositif, du fait de *l'autonomie relative* du domaine considéré par rapport aux autres domaines pertinents (comme les niveaux d'observation). Cette autonomie relative fonde la pertinence d'une analyse sectorielle (elle est postulée dans le principe même de l'homologie). Cependant l'existence - et parfois même la nécessité - d'un certain degré de cohérence externe reste non négligeable, en particulier lors des changements structurels où ce niveau peut jouer temporairement un *rôle critique*, soit comme déclencheur, soit comme catalyseur, soit comme modérateur.

Avec l'autonomie relative, les mutations structurelles qui affectent d'autres domaines de l'environnement ou des composantes mêmes du domaine considéré peuvent n'avoir qu'un effet superficiel sur le *dispositif institutionnel* et la stabilité du système sectoriel considéré. Par

¹¹⁹ Un certain degré d'hétérogénéité par rapport au paradigme dominant peut être concevable sans remettre en cause la logique d'ensemble qui gouverne la reproduction du système : soit à cause du caractère résiduel des éléments atypiques, soit du fait de la structure *polymorphique* du système lui-même : par exemple, dans le domaine de l'amplification "haute fidélité" la généralisation du transistor, liée à la diffusion du paradigme micro électronique laisse un créneau stable pour des amplificateurs à tube "haut de gamme" destinés à des mélomanes avertis.

exemple, dans le secteur des télécommunications, la crise des années trente et la diffusion du fordisme n'a qu'un impact du second ordre sur la logique qui structure l'analyse du régime de développement sectoriel (*l'ancien régime de développement des télécommunications* - qui sera présenté § 2.1.2.), même si certains auteurs ont pu identifier des modifications typiques dans le cas des U.S.A.. La *cohérence externe* peut, elle-même, être décomposée selon deux dimensions : d'une part la *dimension paradigmatique intersectorielle* (ou *générique*) et, d'autre part, la *dimension macroéconomique*.

En matière d'autonomie relative et de définition du périmètre historique de pertinence du régime, on considère comme « *connexe* » tout secteur qui remplit les deux conditions suivantes : premièrement les produits ou services spécifiques au secteur connexe peuvent, ou doivent être, combinés avec ceux du secteur de référence ; deuxièmement cette combinaison est de nature à modifier radicalement la nature du produit ou du service de référence, ou son processus de production. En d'autres termes, lorsque ce premier principe de cohérence externe est vérifié, l'émergence d'un nouveau paradigme dans un secteur connexe peut entraîner un changement paradigmatique dans le secteur de référence. Il y a alors causalité (fonctionnelle) transversale, liée à l'existence d'une technologie ou d'un support générique, comme on le verra par la suite avec le cas de la microélectronique ou encore la numérisation de l'information.

La notion de *connexité* joue un rôle dans l'analyse de la stabilité d'un régime, en particulier sa capacité à reporter dans le futur les effets d'une innovation radicale qui pourra être identifiée (le plus souvent) rétrospectivement comme un facteur à l'origine d'un changement paradigmatique dans un secteur donné de l'économie. Les déclinaisons sectorielles d'un paradigme technologique « transversal » peuvent ainsi être caractérisées par la nature de la cohérence et de la connexité qu'elles supportent dans les secteurs concernés. Ces notions de connexité et de cohérence sont enfin importantes car elles permettent d'identifier les *systèmes techniques* au sens de Gille (1978). La formation progressive de tels systèmes lors de la diffusion d'un nouveau paradigme peut, en effet, être un facteur déstabilisant pour un régime de développement sectoriel donné, comme nous le verrons plus loin (chapitre II) avec le « *paradigme numérique* ».

Pour rendre compte de cette dimension transversale, il nous faut introduire les notions de « *technologie stratégique* », et de « *secteur stratégique* », dans le but d'établir à un niveau intermédiaire une correspondance entre les *régimes de croissance* macroéconomiques des régulationnistes, les *régimes technico-économiques* (macro-sectoriels) à la Freeman-Perez et nos *régimes de développement sectoriels*. La notion de *technologie stratégique*, proposée par

Freeman, Soete, (1991) permet à l'origine de caractériser une technologie « *présentant un potentiel de gain de productivité* » et « *capable de révolutionner les processus de production et de fourniture de toutes les autres industries et services* ». Le *secteur stratégique* (également appelé « *fondamental* » par Freeman, Soete) est alors *celui dont la dynamique sert de support à une diffusion intersectorielle des représentations et des pratiques paradigmatiques qui contribuent à la cohérence d'ensemble du régime technico-économique*. La Conjecture à partir de laquelle les travaux sur les secteurs des télécommunications (présentés dans le prochain chapitre) ont été réalisés est la suivante : ce secteur, qui ne possédait pas cette dimension dans la période antérieure (« *l'ancien régime* »), va participer à l'activité d'un nouveau secteur plus large (comprenant aussi l'informatique), qui possèdera cette propriété dans le *régime technico-économique* centré sur les technologies de l'information et de la communication en voie d'émergence (Freeman-Perez, 1988).

La question de la *cohérence externe*, en particulier avec le régime de croissance macroéconomique dominant, est plus difficile. L'articulation des régulations macroéconomiques et sectorielles proposée par Boyer (1990) apparaît extrêmement ouverte, même s'il souligne que les formes d'organisation sectorielles « *se doivent in fine d'être compatibles avec le mode de développement en vigueur* » (op. cité p.46). L'analyse de l'histoire du secteur des télécommunications (chapitre II) montre que l'importance de la cohérence externe avec le régime macroéconomique reste secondaire, du moins jusqu'à l'émergence du *paradigme numérique*, ce qui traduit une forte autonomie relative du régime de développement sectoriel correspondant au paradigme antérieur (analogique / électromécanique). Par contre, les politiques macroéconomiques néo-libérales qui ont accéléré la « *globalisation* » des stratégies suivies par les multinationales, ont eu également des effets déterminants sur la direction et le rythme de la transition inter-paradigmatique, qui correspond à une période de mutation structurelle du régime de développement sectoriel. Si l'approche mécaniste / fonctionnaliste qui consisterait à projeter naïvement au niveau sectoriel des régularités macroéconomiques peut donc en grande partie être écartée dans le cas des télécommunications, la question de l'influence en retour de l'évolution du régime sectoriel sur le régime macroéconomique reste un problème complexe, comme on l'a vu précédemment avec le cas de l'automobile dans l'entre-deux-guerres. Elle renvoie également à la question de la genèse d'un nouveau régime, qui est abordé dans la section suivante (§ 1.3.).

1.3. Une première réflexion pré-conceptuelle sur la transition structurelle et la morphogénèse.

Il manque à la TR une approche claire de la genèse des institutions et des régimes de croissance (Chartres, 1995). On va chercher à montrer que celle-ci suppose une prise en compte plus large du comportement des individus et des « unités actives ». Cette reconnaissance du rôle des « acteurs » dans le cadre holiste de la TR n'est pas nouvelle. ainsi, dans l'avant propos à l'édition de 1982 d'Aglietta (1976) le rôle des stratégies privées dans l'évolution conflictuelle des compromis institutionnels est souligné de manière explicite : « *...le dynamisme des rapports privés contourne le champ des conventions établies, fait resurgir l'affrontement économique direct et provoque une transformation des institutions.* » (p.VIII ; cf. également p.IX-X). L'importance des phénomènes de diffusion au niveau micro-économique des formes d'organisations du travail comme le taylorisme a également attiré l'attention (voir Boyer, 1983). Par exemple, un certain nombre de travaux ont cherché à étendre les problématiques de la TR au niveau sectoriel, principalement sous forme de monographies (cf. Boyer, 1990, Du Tertre, 1995, pour un inventaire) ce qui, en retour, contribue à poser problème de la contribution des niveaux inférieurs ou transversaux à la régulation macroéconomique pensée dans sa forme initiale au niveau d'une économie nationale (Du Tertre, Petit (1991)).

Pour l'Ecole de la régulation, passer de l'analyse comparative des formes institutionnelles et de leur crise à l'analyse de toutes les étapes de la dynamique institutionnelle entraîne une rupture méthodologique.

Plus récemment, Boyer - Orléan (1991, 1992, 1993, 1994) se sont intéressés explicitement à la formalisation microéconomique de tels phénomènes de transition, en soulignant un certain nombre de difficultés relatives au processus de constitution d'une forme de rapport salarial à partir d'un principe microéconomique d'organisation du procès de travail et de distribution de la valeur ajoutée. En introduisant ainsi explicitement et formellement la question de l'émergence des normes, et plus généralement des formes de coopération au niveau microéconomique, Boyer, Orléan ont brisé un « tabou » et posent la question de l'élargissement de la TR au-delà des principes holistes retenus par de nombreux régulationnistes. Ces travaux se situent dans le contexte d'un double rapprochement entre la TR et le mouvement conventionnaliste français (Orléan ed., 1994, Favereau, 1993, 1995), d'autre part le mouvement évolutionniste (Dosi et alii, 1988, Coriat, Dosi, 1995). Dans des

travaux déjà anciens, Boyer (1976, 1981) soulignait *l'historicité des concepts de l'économie*. La TR se devait d'appliquer cette vision à elle-même, et de renouveler son approche des phénomènes économiques, largement datée du contexte des années soixante dix. Après les publications de Boyer et Orléan déjà citées, la publication d'un ouvrage récent de Billaudot (1996) propose une synthèse méthodologique des bases d'un tel dépassement : «...on ne dispose pas d'un cadre suffisant pour penser les pratiques qui dévient des routines antérieures, vont apparaître lorsque l'évolution n'est plus jugée satisfaisante » (p.22).

On notera aussi les analyses de Reynaud (1999) sur les rapports entre l'individuel et le collectif. Celle-ci réalise une avancée relativement importante en reconnaissant l'intérêt de l'individualisme méthodologique complexe au sens de Dupuy (1994). Celui-ci met l'accent sur le rôle des phénomènes d'interaction et des structures d'interaction dans les phénomènes d'émergence qui permettent l'existence de formes de connaissances collectives ou de formes d'efficacité collective dans la réalisation des tâches qui dépassent la somme des contributions et des connaissances parcellaires des individus qui forment ce collectif. Ces formes « *d'intelligence collective* » (Levy, 1994) sont bien connues des chercheurs qui étudient les sociétés d'*insectes* « *sociaux* » comme les termites ou les fourmis, comme de ceux qui appliquent ces propriétés dans des systèmes artificiels (Bonabeau, Theraulaz, 1994, Bonabeau, Dorigo, Theraulaz, 1999). En ce qui concerne les sociétés humaines, des questions difficiles qui restent posées concernent les modalités d'intégration de ces propriétés émergentes dans les représentations des individus qui contribuent à les produire et l'éventuel effet de cette intégration sur leur comportement¹²⁰. Nous étudierons cette question de manière approfondie dans le chapitre IV. Pour l'instant, on notera que si pour Reynaud, « *l'individualisme méthodologique complexe est l'une des façons de résoudre le problème des rapports entre l'individuel et le collectif* », elle considère que son domaine de pertinence concerne des domaines limités comme « *la formation des actifs sur les marchés financiers* », et qu'en revanche, cette approche « *ne convient pas à l'analyse de tous les processus*

¹²⁰ Comme cette question est multiforme, on trouve une abondante littérature pour en discuter certaines facettes, qui vont de la « critique de Lucas » à la pertinence de l'usage des « modèles de fourmis » pour rendre compte de phénomènes humains, cf. par exemple Kirman (1993) ou Dalle, Foray (1995)

collectifs, dans la mesure ou elle développe une vision très micro du collectif». Nous en resterons la pour l'instant sur ce sujet, pour y revenir plus loin¹²¹.

D'un autre point de vue, la nécessité de ce dépassement est également sous-jacente dans les travaux formels de Lordon (1993a, 1993b, 1995a) sur l'*endométabolisme*¹²². Ceux-ci sont ouvertement rattachés à une approche strictement holiste. Cependant, s'ils parviennent à formaliser explicitement une dynamique qui conduit un régime à une crise endogène, ils ne permettent pas, selon leur auteur, de formaliser la genèse d'un nouveau régime¹²³. Il y a donc bien *ambivalence de la crise*. Celle-ci est à la fois *dégradation endogène de la viabilité d'un système de régulation et émergence d'un nouveau système*. Comme cette *morphogénèse* des structures macroscopiques ne peut s'expliquer à l'aide des seules caractéristiques du régime précédent (bien que celles-ci conditionnent le processus d'émergence de ce nouveau régime), le recours à une perspective évolutionniste apparaît nécessaire pour expliquer cette genèse.

1.3.1. Régulation et régularités dans les structures sociales, Crise et morphogénèse : deux perspectives distinctes pour l'analyse des processus sociaux.

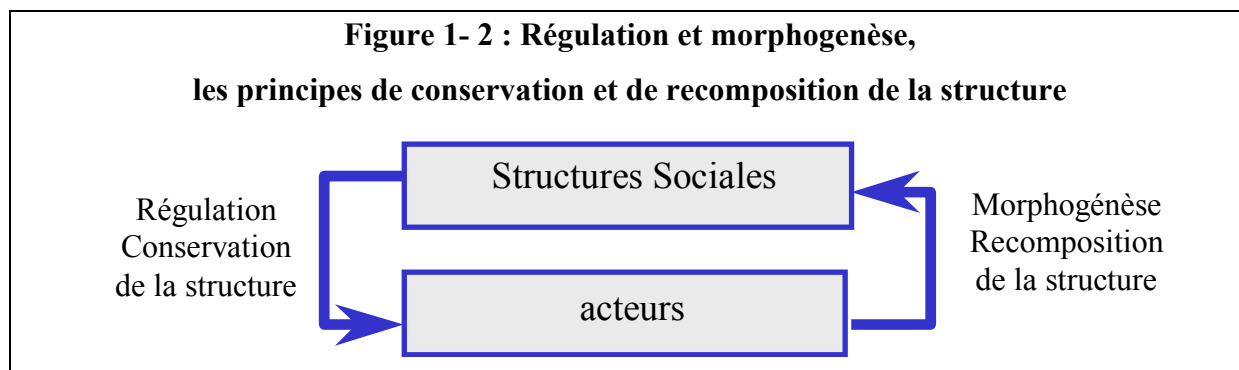
Les structures collectives de délibération, de représentation et de décision, et plus généralement les structures institutionnelles contribuent à coordonner les rapports sociaux et à réduire l'incertitude. Elles assurent donc une *fonction régulatrice*. Elles ne suppriment pas les conflits sociaux, elles « *en sont les produits et en normalisent les termes* » (Aglietta, 1982, p.VII). Mais *comment s'articulent les différents niveaux* ? En restant à un niveau très élevé d'abstraction (sans s'engager par exemple sur la nature des « acteurs » considérés ou des

¹²¹ C'est sans doute la prudence qui nous conduit à nous rallier *in fine* à la première partie de la proposition de Bénédicte Reynaud, en l'occurrence à limiter pour l'instant l'application d'un « *individualisme méthodologique complexe* » à l'étude des *marchés*. Mais ce *choix raisonnable* n'est pas en soit une solution au problème posé. Le reste de ce chapitre est consacré à une réflexion sur les moyens d'aller plus loin, même si l'élargissement de notre champ d'investigation au delà des marchés n'est ni en vue, ni inscrit à « *l'agenda* » pour l'instant.

¹²² C'est l'interdépendance entre fonctionnement et développement qui constitue l'essence de l'endométabolisme. Le « *changement structurel endogène* » signifie que de son propre « *fonctionnement* », la structure tire les forces motrices de son « *développement* ». ainsi, « *l'endométabolisme est le processus par lequel le fonctionnement de la structure altère la structure* » (Lordon, 1993, p.504)

¹²³ Cette position commune rejoint le rejet par de nombreux régulationnistes de l'idée d'automatisme de la reprise contenue dans l'idée de « cycles » économiques. De fait, les modèles utilisés par Frédéric Lordon permettraient le déroulement d'un tel cycle, mais ce serait au détriment de leur signification économique et historique.

formes de leur participation au processus considéré) On peut *distinguer* : *l'action des pratiques sur les structures* (dimension morpho-génétique), et par une boucle en retour, *l'action des structures sur les pratiques* (dimension régulatrice)



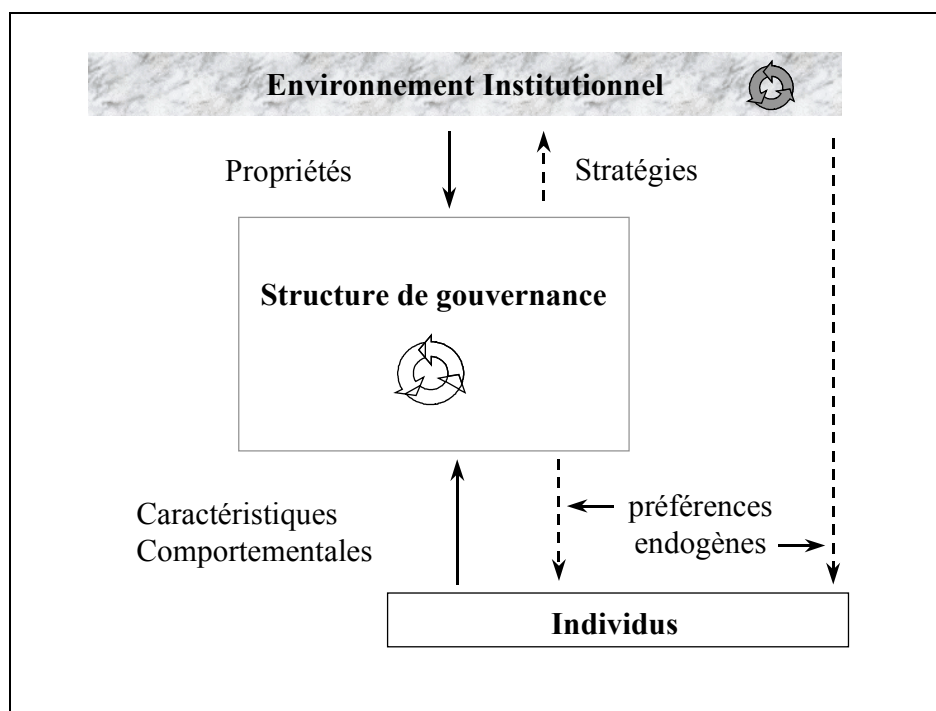
Ce schéma est bien sur extrêmement réducteur. Il conviendrait de penser les modalités d'intégration d'un certain nombre de niveaux intermédiaires, comme les « *unités actives* » au sens de Perroux (1975, 1994), dont les activités sont *coordonnées* par des instances de niveau supérieur et qui agissent en retour sur les *unités actives* de niveau inférieur... Où doit-on s'arrêter dans le processus de décomposition ? Dans quel mesure est-il légitime d'analyser des unités collectives comme des « acteurs » (ou ce qui revient au même la notion d'acteur collectif fait-elle sens ?). Doit on être *réductionniste* au sens de *l'individualisme méthodologique* ou suffit-il comme l'affirme Sperber (1997, p.126) de décrire pour chaque niveau (la) manière qui permette de le mettre en rapport avec les niveaux voisins » ?

Nous noterons juste que l'individualisme méthodologique des économistes de la *théorie standard* s'est longtemps accommodé d'une représentation de « l'entreprise » comme le plus petit acteur pertinent des questions économiques, alors que les évolutionnistes considèrent maintenant que les routines, qui se trouvent à un niveau infra-individuel, sont les plus petits éléments à prendre en considération. On retrouve le même problème avec la Théorie des Coûts de Transaction (TCT), qui considère après Commons que la « *transaction* » est l'unité pertinente de l'analyse, mais reste floue sur le statut des acteurs concernés par la procédure qui conduit à la décision d'internaliser une transaction dans une organisation. Pour illustrer ces questions, on va précisément prendre l'exemple de l'entreprise néo-institutionnaliste qui peut ainsi être considérée comme un niveau intermédiaire entre des acteurs individuels et un cadre institutionnel plus large.

Sur ce schéma de la figure 1-3, adapté par Phan, Sommer (1997, 2000) à partir de Williamson, (1993a), on observe *l'environnement institutionnel*, défini au sens de Davis et North (1971) comme « *l'ensemble des éléments politiques, juridiques et sociaux qui servent*

de cadre à la production, aux échanges et à la répartition ». Dans l'approche néo-institutionnaliste, (par exemple North, 1991), ces éléments se manifestent sous la forme de *contraintes* qui structurent les interactions politiques, économiques et sociales¹²⁴. Pour Williamson, les propriétés relatives des divers modes de coordination des transactions (en particulier leurs *coûts de gouvernance*) dépendent des caractéristiques de ce macro-environnement institutionnel (Williamson, 1993a, 1996). Des modifications de l'environnement institutionnel peuvent ainsi altérer les performances relatives des structures de gouvernance qui organisent ces transactions. La relation qui lie le niveau des individus à celui de la structure de gouvernance traduit l'influence des caractéristiques comportementales individuelles (rationalité limitée, opportunisme...) sur le choix des structures de gouvernance.

Figure 1-3 : Le "Schéma en couches" de Williamson (1993a)



Source : Phan, Sommer (1997) d'après Williamson 1993a

Si Williamson reconnaît que l'environnement institutionnel et les structures de gouvernance possèdent des dynamiques d'évolution propres¹²⁵, il considère que celles-ci relèvent de *deux niveaux différents d'analyse*. L'environnement institutionnel concerne les relations globales

¹²⁴ Ces dernières peuvent être soit formelles (constitutions, lois, droits de propriétés) soit informelles (tabous, coutumes, traditions...).

¹²⁵ "Both the institutional environment and the institutions of governance have *evolutionary* origins, [but] the ramifications of each are different" Williamson (1996) p.5, souligné par nous.

entres acteurs et activités, alors que les structures de gouvernance concernent le *niveau micro-économique des transactions*. Pour cette raison, le *degré d'intentionnalité* dans la mise en place et l'évolution des structures devrait être différent (Williamson, 1996, p5). Il considère par ailleurs que l'effet en retour des structures de gouvernance sur l'environnement institutionnel est du second ordre (Williamson 1993a). Pour l'ensemble de ces raisons, *il soutient que ces deux niveaux doivent être étudiés séparément*.

Les deux niveaux supérieurs peuvent également influencer sur les choix individuels au travers de certaines formes de « *conditionnement social* » ; l'effet de « *préférences endogènes* » traduit ainsi l'influence de l'environnement institutionnel et des structures de gouvernance sur le niveau individuel. Les effets identifiés par Williamson mais considérés comme secondaires par ce dernier sont représentés sur la figure 1-3 par les traits en pointillé (préférences endogènes et stratégies). Ceux-ci ne sont pas approfondis par la TCT et sont négligés par rapport aux deux relations principales (en trait plein). La TCT se réfère souvent à ces effets secondaires, *sur le ton de la narration*, mais Williamson soutient qu'il existe des cadres d'analyse plus adaptés que la TCT pour les étudier (Williamson, 1993a, p.115).

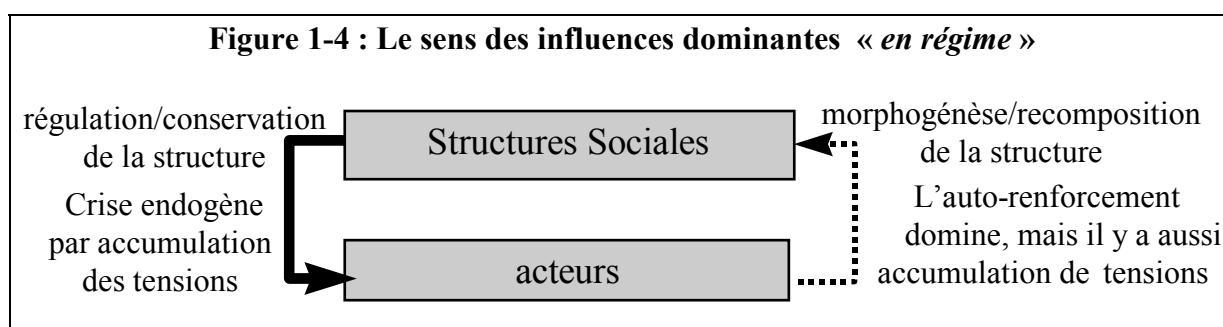
L'argumentation de Williamson sur les « *effets secondaires* » n'est pas pleinement convaincante. En particulier, lorsqu'on considère un horizon temporel suffisamment large pour concevoir l'importance de tels effets en retour. Par exemple, l'accumulation de petits événements peut créer un effet de tension qui se dénoue brutalement au-delà d'un certain seuil, selon le principe de Lordon (1993a, 1993b, 1995a) qui sera présenté plus loin. Une structure de gouvernance qui engendrerait de telles tensions serait ainsi stable à court terme (localement), tout en étant fortement instable à long terme. Par ailleurs, si on considère que l'on peut modifier intentionnellement l'environnement institutionnel de manière « *stratégique* », une structure de gouvernance inefficace du point de vue de la TCT dans un environnement institutionnel donné pourra se révéler plus efficace dans un environnement transformé¹²⁶.

¹²⁶ Des transformations de l'environnement institutionnel peuvent ainsi être provoquées intentionnellement pour des raisons stratégiques ou instrumentales. Le plaidoyer de R.H. Coase pour que les fréquences hertziennes soient vendues aux enchères est un exemple d'une telle démarche (Coase, 1959). Celui-ci propose un ensemble d'arguments pour démontrer la supériorité du marché sur les décisions administratives de la FCC pour organiser cette transaction. Néanmoins, pour qu'il soit possible de mettre en place un système de vente aux enchères, il est indispensable d'établir préalablement des droits de propriétés sur les fréquences du spectre hertzien. Donc, les propriétés intrinsèques du marché (la structure de gouvernance) justifient qu'on agisse sur l'environnement institutionnel pour rendre possible le recours à cette structure comme solution d'un problème transactionnel

Le schéma de Williamson n'est pas sans poser de problèmes. En plus de la question de l'intégration de la technologie qui est discutée en détail dans Phan, Sommer (1997, 2000), l'*organisation* elle-même, dans la mesure où elle intègre un certain nombre de normes participant des formes institutionnelles a également une *dimension institutionnelle* négligée à la fois par Williamson et par les évolutionnistes (Coriat, Weinstein, 1995). Pour la clarté de l'exposé, et pour éviter d'aborder ces questions importantes, mais qui nous écarteraient de notre propos central, nous nous en tiendrons là, tout en retenant que les phénomènes évoqués sont beaucoup plus complexe¹²⁷. Mais nous y reviendrons ensuite.

A - Fonction régulatrice des structures : la modélisation des « régimes » de croissance et les processus réels.

L'hypothèse méthodologique centrale à la démarche préconisée ici consiste à chercher à établir une *correspondance - asymétrique et historique - entre les dimensions méthodologiques et les processus réels*. Dans les périodes de fonctionnement *régulier* (ou « *en régime* ») des structures sociales, les forces de conservation l'emportent sur les forces de recomposition. L'incertitude est réduite par l'existence de compromis sociaux et de représentations communes. Ces régularités résultent largement de la cohérence d'ensemble du système. Les concepts centraux de la TR sont plus particulièrement adaptés à la compréhension de ces régularités. Cependant, leur finalité a aussi été orientée vers l'analyse endogène de l'entrée en « *crise de régime* ».



B - Les deux aspects de la crise

Au niveau global, la cohérence d'ensemble du système est progressivement remise en cause dans les périodes même de son fonctionnement *régulier* par des *innovations* associées au

¹²⁷ Le lecteur intéressé par la discussion de ces questions pourra se reporter à la version enrichie du schéma de Williamson proposée dans Phan, Sommer, (1997, 2000)

développement normal du régime considéré (effet « *bottom-up* » et *crise endogène*). Si l'on considère que la production de ces innovations sont caractéristiques de ce régime, on peut les formaliser d'un point de vue global, c'est la théorie de l'*endométabolisme* (Lordon, 1993a, 1993b, 1995acf. note 1). Il ne faut pas oublier cependant la nature *remontante* de ces innovations. Dans la période *en régime* elles ont d'abord un effet d'auto-renforcement sur la structure. Dans la période de crise, les innovations ont une *double dimension* : déterminées par rapport au contexte d'où elles sont issues, elles sont bien le *produit* du régime qui les a engendrées, mais dans la mesure où elles sapent les fondements de l'ancien régime, elles contribueront ainsi à l'émergence d'un nouveau régime.

Ainsi, la *numérisation du signal* dans les télécommunications est une innovation cohérente avec les recherches menées par les spécialistes en transmission¹²⁸ pour améliorer les performances du réseau. Cependant, en transformant la voix en données, cette innovation en apparence incrémentale et conforme à la logique de ce que nous définirons comme « *l'ancien régime des télécommunications* » a contribué à saper les fondements du compromis passé entre AT&T et la FCC dans les années cinquante qui stipulait que l'informatique et le traitement des données relèvent d'un régime de concurrence, alors que la téléphonie vocale bénéficie de la protection du monopole (régulé).

Au niveau intermédiaire du *processus de socialisation*, les principes qui fondaient la régularité du système vont ainsi progressivement être remis en cause dès lors qu'ils n'assurent plus leur fonction régulatrice (coordination, réduction de l'incertitude...) de manière satisfaisante pour les individus et/ou les « unités actives » (affaiblissement de l'effet « *top down* » cf. par exemple, Aglietta (1976/1982) p.IX-X)

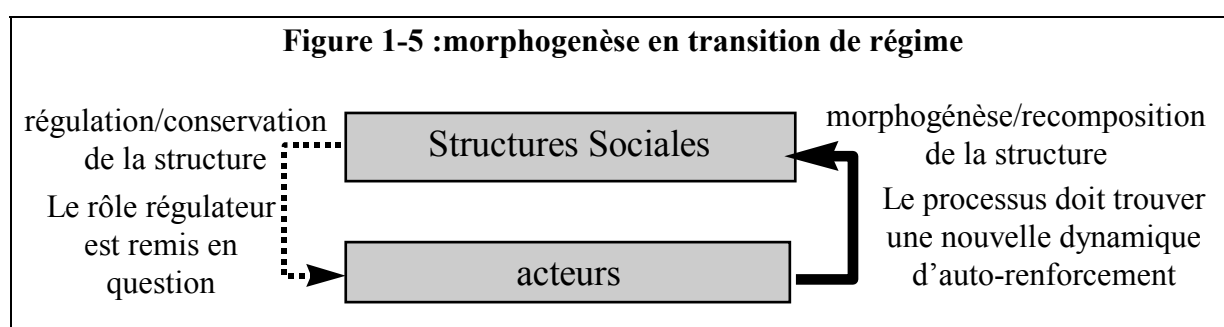
Au niveau des *acteurs*, la *crise* se traduit ainsi directement ou indirectement par un affaiblissement de la correspondance entre les pratiques et les représentations individuelles, d'une part, et les structures sociales correspondantes, d'autre part. Les *dissonances cognitives* (Festinger, 1957) qui résultent de cette contradiction entre les déterminants individuels et les structures sociales renforcent les facteurs de remise en cause de ces conventions fondatrices. La *morphogénèse* d'un nouveau régime se développera ainsi dans cette situation conflictuelle (effet « *bottom-up* »).

¹²⁸ le métier « *noble* » de ce que l'on définira plus tard comme « *l'ancien régime* » des télécommunications

C - L'autre face de la crise : morphogenèse et recomposition structurelle

Durant les périodes de crise, on assiste à une remise en cause des *ordres* établis et donc à une montée de l'incertitude. De ce désordre peut émerger un ordre nouveau, produit de l'action non nécessairement concertée des individus sur les structures sociales. Ainsi, si le Phoenix doit renaître de ses cendres : « *on ne descend jamais deux fois le même fleuve* » (Héraclite)...

Dans la mesure où *la crise provoque précisément la remise en cause individuelle des formes globales de la régulation*, les *forces individuelles de création* sont partiellement libérées de leurs contraintes et la *source de la morphogénèse d'une nouvelle structure ne pourra être perçue à partir du seul niveau agrégé*.



Le rôle des dynamiques individuelles et collectives, des « *apprentissages par la diversité* » (Foray, 1994, cf. également Dang Nguyen, Phan 1997, 1998 pour une application au secteur des TIC et *supra*, figure 2-3, §) et singulièrement, des secteurs les plus innovateurs de l'économie, doit être placé au centre de l'analyse de la transition. Pour comprendre ces processus de morphogénèse, on a besoin de disposer d'une théorie des interactions sociales et des pratiques, en particulier des apprentissages individuels et collectifs.

L'analyse de la succession de formes structurelles au niveau macroéconomique et dans le temps long (*perspective institutionnaliste*) comme l'analyse de l'adaptation des structures mentales qui organisent les représentations au niveau microéconomique dans le temps court (*perspective cognitiviste*) appellent une *réflexion théorique sur les mécanismes de morphogénèse* qui seuls peuvent rendre compte de *l'évolution économique* comme d'une succession de processus de déstructuration / restructuration, ou de « *destructions créatrices* » qui ne peut se dérouler, selon Schumpeter que dans le *temps historique*. En introduction de Capitalisme, Socialisme et Démocratie, celui-ci appelait ainsi à :

« *la conception d'une théorie portant, non pas seulement sur un nombre indéfini de situations spécifiques disjointes ou sur la logique des quantités économiques en général, mais sur la succession effective de ces situations ou sur l'évolution*

économique telle qu'elle se poursuit, sous sa propre impulsion à travers le temps historique, en engendrant à chaque instant la situation qui d'elle-même donnera naissance à la suivante ». (Schumpeter, 1942, p. 68-69).

Encadré 1-4

La formalisation de la dynamique et des crises de régulation Lordon (1993a, 1993b, 1995a).

Lordon distingue deux types de variables qui évoluent selon des temporalités différentes. On a donc une *dynamique lente* et une *dynamique rapide*.

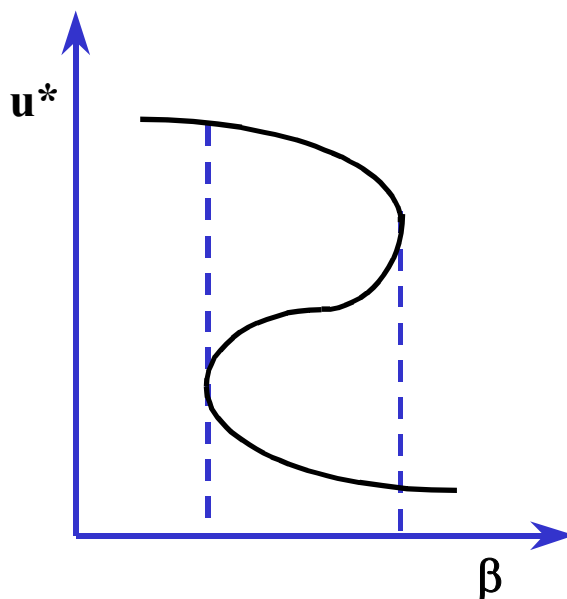
Les variables «structurelles» du modèle (le vecteur λ) s'ajustent lentement :

$$(1) \quad \overset{\circ}{\lambda} = \varepsilon.g(X, \lambda) ; \text{ avec : } 0 < \varepsilon \ll 1$$

La dynamique des variables d'état (le vecteur X) rend compte de la croissance et des fluctuations conjoncturelles.

$$(2) \quad \overset{\circ}{X} = f(X, \lambda) ;$$

A court terme, les variations de l'équation (1) peuvent être négligées (c'est l'*approximation «adiabatique»* des physiciens - cf. Haken, 1983). Mais à long terme, les variations cumulées mènent le vecteur structurel vers un point de bifurcation où la stabilité structurelle du système disparaît : il entre en « crise ».



Lordon applique ce principe dans sa thèse en complétant le modèle de Goodwin par l'introduction d'une fonction de progrès technique endogène de type logistique, dépendante positivement de l'accumulation et donc de la part $(1-u)$ des profits dans la répartition :

$$\alpha(u) = (\alpha + \exp(-\beta \cdot (1-u)/s))^{-1}$$

La qualification des équilibres dépend des variations du paramètre β , qui peut être endogénéisé à long terme, faisant apparaître des situations de crise endogène (disparition d'un équilibre).

Remarque : les variables considérées sont macroéconomiques et les équations déterministes : *si elles expliquent l'entrée endogène en crise (endo-métabolisme), elles sont insuffisantes pour rendre compte de la morphogenèse.* Notre hypothèse de travail est que ce processus ne peut s'expliquer qu'à partir d'une prise en compte de *l'interaction des comportements individuels en situation d'incertitude, conditionnellement aux structures existantes.*

1.3.2. Structuralisme génétique : penser l'évolution des structures économiques comme un système de transformations.

Les discussions menées ci-dessus sur la *double nature* de la crise et les relations entre les acteurs et les structures restent encore à un niveau trop général pour qu'on puisse en tirer pratiquement quelque chose. En particulier les idées qui ont été avancées semblent faire partie de ces connaissances implicites qui sont dans l'esprit de tous mais dont peu de chercheurs ne parlent (à l'exception - à ma connaissance - de Billaudot, 1996, p.116), comme si cela ne posait pas problème, ou comme si tout le monde connaissait la solution. Ces questions ne sont peut être que trop rarement évoquées parce que la sagesse veut que *l'on ne pose que les problèmes qu'on est certain de pouvoir résoudre ?* Pour nous, il était cependant nécessaire de poser clairement les données du problème pour aider à la recherche d'un cadre théorique (ou de *plusieurs perspectives théoriques articulées entre elles de manière cohérente*, comme semble le suggérer Sperber (1997).

A - Le structuralisme statique et le fonctionnalisme systémique ne permettent pas de mettre en évidence la logique de développement immanente au processus morphogénétiques.

L'échappatoire le plus fréquent pour tenter d'intégrer la dimension historique dans le domaine des analyses structurelles consiste, comme on l'a déjà observé, de recourir à la *narration historique*. Cette démarche a été critiquée par Habermas (1976) qui s'est posé en particulier la question dont nous avons débattue dans la section précédente : *« comment est-il possible d'articuler une théorie de l'évolution sociale sur le discours historique ? »* (op.cit. p.186).

Cette question est particulièrement difficile si le cadre retenu pour rendre compte de la dynamique sociale est de nature structuraliste même systémique (pour des raisons différentes). Pour ce qui est de l'approche structuraliste, Habermas retient la distinction de Piaget (1968, 1979) entre le structuralisme *statique* et le structuralisme *génétique*.

« *Le structuralisme s'est heurté aux limites de toute étude synchronique (..) Le structuralisme s'en tient pour l'essentiel à la logique des structures existantes et ne va pas jusqu'à théoriser les processus créateurs de structures. Le structuralisme génétique élaboré par Piaget est la seule approche qui tende à mettre en évidence la logique de développement immanente au processus de constitution des structures*» (op.cit. p.150)

Avant de revenir au principe du structuralisme génétique, qui a retenu notre attention de longue date¹²⁹, il est intéressant de revenir sur le cas de l'approche par la théorie générale des systèmes, critiquée par Habermas, ce qui permet en particulier de prolonger le débat sur les rapports entre l'*histoire* et les *sciences nomothétiques de l'homme*. Le débat qui va suivre porte principalement sur les interactions entre les *structures de la conscience sociale* et la *théorie de l'action* au sens de la sociologie (action humaine dans son contexte social), que l'on étendra à une théorie plus historique des *pratiques sociales* (pour prendre la terminologie de Billaudot, 1996)¹³⁰ Cependant, dans la mesure où les phénomènes institutionnels peuvent être vus comme relevant à la fois de la conscience sociale et de la pratique¹³¹, le détour de production est plus court qu'on pourrait le croire.

« *Une théorie générale des systèmes appliquée à la société, tout comme la théorie fonctionnaliste de l'évolution qui en est l'un des aspects, font litière de cette référence à l'action (..) elles sont impropres à une application narrative (..) En effet,*

¹²⁹ cf. la postface méthodologique de la maîtrise d'histoire sur Renault. (Phan, 1983)

¹³⁰ Billaudot se réfère explicitement dans ce domaine à la théorie de l'action de Bourdieu. Chez ce dernier, la pratique est la mise en œuvre de l'action selon deux modalités. La pratique de la pratique, qui repose sur les mécanismes largement inconscients de l'*habitus*, et la *maîtrise pratique de la pratique* qui désigne l'aptitude à adopter une stratégie adéquate à la *logique du champ* et à la position de l'acteur dans le système. On définit plus en détail la notion de pratique sociale *supra*, p. 110.

¹³¹ Pour Bourdieu (1980), par exemple, institutions et pratiques sont indissociables. L'adhésion aux règles serait « *l'effet historique de l'accord entre deux réalisations du social, dans les choses par l'institution et dans les corps par l'incorporation (l'habitus)* » cité par Billaudot -1996, p.116).

l'application sur le plan narratif du modèle système-environnement n'est possible que dans la mesure où la théorie ne prétend pas expliquer les évolutions sociales uniquement par la dynamique des systèmes autorégulés, en renonçant à faire intervenir des situations et des actions » (Habermas, 1976b, p.200-201)

On sait que la théorie générale des systèmes¹³² propose une théorie endogène de l'évolution, basée sur la complexification croissante des systèmes à la recherche de leur équilibre. Dans cette optique, les éléments du système font sens par rapport à la fonction qu'ils remplissent. Selon cette perspective, les systèmes sont ainsi auto-régulés (ou voués à l'extinction par sélection naturelle) et les relations entre les éléments sont telles « *que si l'une est modifiée, les autres le sont aussi et par conséquent tout l'ensemble est transformé* » (de Rosnay, 1975).

« ... dans la perspective de la théorie des systèmes, (..) une structure (..) n'apparaît plus que comme le résultat d'une complexité croissante du système : des horizons temporels (structures) riches de conséquences du point de vue de l'évolution, n'apparaît plus que comme le résultat d'une complexité croissante du système (..) non seulement cela n'explique rien, mais en plus, si la conscience sociale est analysée uniquement dans les termes du fonctionnalisme, il est impossible de rendre compte de l'origine des structures temporelles » (Habermas, 1976b,)

Dans cette perspective fonctionnaliste de l'évolution, il n'y a donc pas de place pour une théorie de l'action sociale, ou *a fortiori*, une théorie des pratiques sociales. Comme le souligne Habermas en mentionnant les réticences d'un historien face à la disparition du sujet dans l'approche systémique :

« le système ou la structure sociale ne se maintiennent pas d'eux même en équilibre (..), ce sont au contraire des hommes qui parviennent ou pas à un certain degré de stabilité grâce à leurs actions comme toujours déterminées (..) De ce point de vue, la stabilité d'une structure sociale n'est pas un équilibre imputable à un système, mais le résultat d'un constant effort pour maintenir cette stabilité » (Bendix, cité par Habermas, 1976b, p.201).

Habermas critique ensuite la démarche du socio-politologue Luhmann¹³³ qui envisage une interpénétration de la théorie de l'évolution et du discours historique. Les historiens auraient

¹³² Sur la théorie générale des systèmes, on notera également les critiques méthodologiques de Walliser (1977) : « *le discours de l'approche systémique reste profondément hétérogène ; certains concepts interdisciplinaires, sont vagues et trop généraux, tandis que d'autres plus précis ont un contenu plus étroit* »

¹³³ Cf. Luhmann (1999) pour une édition française de certains de ses travaux

pour rôle d'analyser la manière dont on réduit, en prenant une décision, la pression que fait subir la structure du système en offrant des alternatives auxquelles il faut répondre ; ils auraient donc à expliquer sur le *mode narratif comment* et *pourquoi* on passe d'une situation donnée à une situation ultérieure : c'est précisément cette démarche qui a été suivie par moment dans Phan (1991) et dans de nombreux travaux présentés au chapitre II. Pour Habermas, les concepts de la théorie des systèmes sont incompatibles avec ceux de la théorie de l'action, c'est pour cela, selon lui, que Luhmann aurait besoin de recourir à l'aide des historiens. Ces derniers renonceraient ainsi à leur rôle de narrateur « *pour assumer les fonctions auxiliaires d'un informateur fournissant du matériel prêt à être utilisé par la sociologie* » (Habermas, 1976b, p.210). En effet, l'interprétation fonctionnaliste des systèmes ne permet ni d'expliquer la genèse des structures, ni d'en comprendre le sens :

« le fonctionnalisme doit faire face à au moins deux faiblesses : l'incapacité où il est d'expliquer la genèse de nouvelles structures, et l'incapacité à définir l'identité des systèmes sociaux à travers l'alternance des transformations de structure et d'état qu'elles subissent. Il est impossible d'expliquer une transformation observable subie par un système ou une structure en se fondant sur la fonction (ou les fonctions) qu'elle assumerait du point de vue d'un cadre de référence qu'on appliquerait de l'extérieur à cette structure du système ; en effet, selon le critère de référence retenu, un même processus peut remplir des fonctions très différentes, tandis qu'en maintenant un même critère d'autre processus peuvent jouer le même rôle. Le fonctionnalisme appliqué aux sciences sociales permet de découvrir des classes de transformation d'état ou de formation structurelles équivalentes sur le plan fonctionnel, mais il ne peut expliquer la genèse d'états ou de structures inchoatifs¹³⁴. En outre, non seulement le fonctionnalisme n'a aucune valeur explicative sur le terrain des problématiques génétiques qui devraient néanmoins constituer une priorité pour la théorie de l'évolution, mais il n'est même pas en mesure de satisfaire aux conditions qui seules permettraient d'aborder ces problèmes de genèse. Il est donc impossible, au sein d'un tel cadre, d'établir quelles sont les structures qui jouent un rôle décisif dans le maintien d'une société, et qui définissent, pour les changements affectant cette société, la marge qu'ils ne doivent pas franchir sous peine d'en ménager l'identité. »
(Habermas, 1976b, p.212)

¹³⁴ inchoatifs : terme de linguistique qui désigne le commencement, la progression d'une action.

Pour Habermas, la relation entre l'historien et le théoricien se construit donc à partir de la faiblesse même de l'utilisation d'une approche fonctionnaliste / systémique pour rendre compte de phénomènes évolutifs et donc en dernier ressort historiques. Ce sont les insuffisances du cadre conceptuel qui rendent nécessaires l'intervention de l'historien pour proposer des « *causalités contingentes* » :

« *Luhmann ne peut pas se désintéresser de ce que fait l'historien dans son rôle d'écrivain narrateur de l'histoire, car ce qu'il attend ce sont les explications que la théorie de l'évolution se révélera incapable de fournir. Tandis que cette théorie analyse les possibilités qu'offre la structure d'un système, c'est à l'histoire qu'incombe d'expliquer comment ces possibilités sont exploitées de manière sélective.* » (Habermas, 1976b, p.210)

B - reconstruction rationnelle et structuralisme génétique des approches plurielles pour rendre compte des phénomènes de morphogenèse.

Si Luhmann, a été conduit à réduire l'*action* à un processus sélectif dans le cadre d'un « *système d'interaction* », c'est dans le but de construire un seul cadre théorique unifié¹³⁵. Mais finalement, l'incomplétude du cadre ainsi élaboré l'amène à recourir à la *narration historique* pour documenter la *construction théorique*. Pour Habermas, le remède est pire que le mal¹³⁶. De notre point de vue, la *narration* permet de faire *comprendre* un phénomène dans sa dimension historique. En soi elle n'explique rien sur ce qui s'est *réellement* passé. Ce qui ne signifie pas que la narration ne puisse fournir des explications. Mais celles-ci sont contingentes au cadre théorique auquel on se réfère, explicitement ou implicitement. Il ne

¹³⁵ Habermas oppose cette démarche à celle de Talcott Parsons, qui a cherché au niveau programmatique à proposer une théorie néo-évolutionniste dans la lignée de Spencer et de Durkheim) qui concilie ses travaux sur la théorie de l'action qui ne tiennent aucun compte de la dimension historique (The Structure of Social Action, Free Press 1949) et une approche par la théorie des systèmes avec laquelle il développe une analyse de la complexité croissante de l'organisation sociale, qui se traduit en particulier par une autonomisation de plus en plus affirmée de la culture (*Societies : Evolutionary and Comparative Perspectives*, Prentice Hall, 1966). Chez Parsons, cette double démarche a été réalisée au prix d'un dédoublement du cadre conceptuel.

¹³⁶ Une telle démarche pose un problème similaire à celui de l'emploi des métaphores. Utile d'un point de vue pédagogique, la métaphore peut aussi être trompeuse dans la mesure où elle risque souvent d'être confondue avec la théorie elle-même. C'est par exemple le cas lorsque l'on considère la vision que peuvent avoir un certain nombre de décideurs et de publicistes du *marché* des économistes, réduit à un diagramme cruciforme et à la métaphore de la « *main invisible* » d'Adam Smith (1776). Sur l'usage des métaphores pour présenter des théories complexes, cf. note 83, p52.

manque pas d'exemples de récits historiques pour lesquels on peut trouver *plusieurs explications* concurrentes, voire contradictoires, qui sont autant de *reconstructions rétrospectives*. Si celles-ci peuvent être plus ou moins plausibles, elles ne nous disent rien sur ce qui a pu réellement se passer, et ne peuvent le dire d'un point de vue logique, lorsque le phénomène, *historique*, n'est pas reproductible. Autrement dit, on se saura peut être jamais ce qui s'est réellement passé, même si on peut légitimement utiliser les *traces* disponibles pour *réduire le champ de l'incertitude subjective* des chercheurs, en *hiérarchisant les théories* crédibles, *conditionnellement à un état donné des connaissances*. L'exemple de l'émergence de la vie sur la terre, traité en annexe est emblématique de ce point de vue. Pour sa part, Habermas souhaite une clarification épistémologique du statut des phénomènes historiques. La solution qu'il propose repose sur l'idée qu'il est impossible de traiter des problématiques d'ordre génétique (au sens de Piaget) dans le cadre de la théorie fonctionnaliste des systèmes. Pour rendre compte des processus génétiques, il nous propose donc une démarche théoriquement hétérogène mais articulée uniquement dans l'ordre théorique: la « *reconstruction rationnelle* ».

« Je suggère, quand à moi de rendre compte des transformations subies par les systèmes sociaux au cours de leur évolution en se référant simultanément à des logiques de l'évolution (structures de la conscience) et aux processus historiques (événements). Bien entendu, il ne s'agit pas de scinder abstraitement logique de l'évolution et histoire (...) Il me semble plus approprié de présupposer au départ l'interdépendance de deux causalités obéissant à des dynamiques opposées. Si nous distinguons sphère des potentialités structurelles (niveaux d'apprentissage) et sphère des processus factuels, il est alors possible d'analyser les deux types de causalité en changeant de perspective dans l'explication. On peut, en effet, rendre compte de l'apparition d'un événement historique nouveau en se référant à des conditions marginales et contingentes en même temps qu'à l'appel créé par des potentialités dégagées par les structures d'un système ; en revanche, nous expliquons l'émergence d'une nouvelle structure de conscience en nous référant à la fois au modèle d'une logique de l'évolution produit par les structures précédentes et à l'impulsion suscitée par des événements qui posent un certain nombre de problèmes. Cet « appel » créé par des potentialités dégagées par les structures d'un système, et cette « impulsion » suscitée par des événements qui posent un certain nombre de problèmes, nous les comprenons mieux si, d'une part, comme nous l'avons suggéré, les structures de la conscience sont considérées comme les conditions universelles de la possibilité des

processus d'apprentissage, et si, d'autre part, nous interprétons les évènements comme des processus qui sont autant de sollicitations, donc de problèmes posés à des capacités nécessairement limitées de résolution. Le lien qui unit ces deux causalités - à l'aide desquelles nous cherchons à expliciter quels effets produisent les structures de l'histoire (et ainsi à rendre compte de processus cumulatifs) et, inversement, comment l'histoire détermine les structures (donc comment se réalisent les modèles de développement et comment surgissent de nouvelles structures) - ne peut sans doute être rigoureusement analysé que dans le cadre d'une logique processuelle : celle de l'émergence et de la résolution des problèmes. » (Habermas, 1976b, p.218-220)

B - Structuralisme génétique, psychogenèse et formation chez l'homo cognitans d'une conscience sociale

Pour Habermas, la transition vers des formations sociales plus complexes ne dépend pas seulement de *structures de conscience* (morales et pratiques) qui viennent d'être évoquées, mais aussi de *structures cognitives*, « *comme, par exemple, de structures temporelles qui établissent l'attitude que peut adopter un système social à l'égard de son passé et de son avenir propre* ». C'est alors qu'il se réfère explicitement au modèle génétique que (Piaget 1946), a élaboré pour l'ontogenèse : « *on observe que les conceptions du temps physique et du temps « vécu », donc également du temps social, se modifient avec les différentes étapes du développement cognitif général (...) la séquence évolutive reconstruite des structures temporelles telles qu'elles sont collectivement distribuées pourrait contribuer à expliquer des processus d'apprentissage propres à l'évolution sociale* »¹³⁷. Comment fonctionne ce modèle ? Pour Piaget (1968) :

« une structure est un système de transformations¹³⁸, qui comporte des lois en tant que système (par opposition aux propriétés des éléments) et qui se conserve et s'enrichit par le jeu même de ses transformations, sans que celles-ci aboutissent en dehors de ses frontières ou fassent appel à des éléments extérieurs. (..) Une structure comprend ainsi les trois caractères de totalité, de transformation et d'autorégulation » (1968, p.6 -7).

¹³⁷ Habermas, 1976b, p.328-329 note 47 sur ch3

¹³⁸ Un système de transformations est un « *ensemble constitué d'éléments individualisés qui, par suite des interactions intervenant entre eux, ou des actions extérieures qui leur sont imposées, voient se modifier au cours du temps certaines au moins des caractéristiques fonctionnelles qui les définissent dans l'ensemble considéré.* » (Delattre, 1977).

Les structures s'engendrent donc les unes les autres sous l'effet de l'action humaine, mais celle-ci est conditionnée en retour par les structures dans lesquelles elles s'insèrent. La définition proposée par Piaget comprend donc les idées d'*autonomie* et de *fermeture* (totalité) ; mais aussi une dimension dynamique (le *système de transformations*) qui n'exclut cependant pas une action volontaire des composantes. *Le niveau de la structure possède des propriétés (lois) qui lui sont propres et qui peuvent donc être étudiées indépendamment des conditions de leur émergence.* Les principes de régulations demandent cependant à être plus complètement spécifiés

En ce qui concerne la *morphogenèse*, qui peut donc être vue comme une *transition structurelle*, il est important de noter que « *la connaissance de deux structures (de départ et d'arrivée) est nécessaire à la compréhension de la transition en tant que transformation* ». On ne peut donc prédire avec certitude l'*issue* d'un processus de transition structurelle, mais on peut toujours faire de la *rérodiction*. La connaissance des propriétés génériques de la structure devrait cependant permettre dans certains cas de faire des *prédictions génériques*, comme celles que permettent par exemple la découverte d'attracteurs, comme dans certains processus physiques¹³⁹.

La morphogenèse peut également être interprétée comme un processus d'auto-organisation, en particulier dans le cas de la psychogenèse. Elle est le résultat d'un processus d'*équibration* des actions humaines. Ce processus est plus que la simple « *association* » des comportements. La morphogenèse résulte alors de l'*assimilation* dans le système par la genèse de nouvelles structures.

Pour Lucien Goldman, le structuralisme génétique est également un moyen théorique pour dépasser l'opposition explication / compréhension dans les sciences humaines. Comme chez Habermas, cette fécondité provient de la *possibilité théorique d'articuler deux perspectives différentes* :

¹³⁹ Par exemple, si on ne peut *prédire* précisément ni le déclenchement d'une avalanche ni son ampleur, on peut toujours en *expliquer la cause* et en *prévenir les effets*, par exemple en provoquant préventivement des chutes de neige contrôlées quand l'accumulation de neige atteint une proportion critique. On parle alors de « *criticalité auto-organisée* », car la zone critique est un attracteur de la dynamique considérée (la neige s'amasse jusqu'à ce que la situation devienne critique et que l'avalanche survienne. La chute de neige éloigne la pente de la montagne de la zone critique, mais de nouvelles chutes de neige vont ramener la pente dans la zone critique etc. cf. Back (1996)

« *Le structuralisme génétique introduit des perspectives entièrement nouvelles dans la mesure où il pense que compréhension et explication ne sont pas seulement des processus intellectuellement connexe mais un seul et même processus rapporté seulement à deux niveaux différents de découpage de l'objet. Les structures constitutives du comportement humain ne sont pas en réalité, pour cette perspective, des données universelles, mais des faits spécifiques nés d'une genèse passée et entraînent de subir des transformations qui ébauchent une évolution future. Or, à chaque niveau du découpage de l'objet le dynamisme interne de la structure est le résultat non seulement de ses propres contradictions internes mais aussi du dynamisme, étroitement lié à ces contradictions internes, d'une structure plus vaste qui l'embrasse et qui tend elle même à sa propre équilibration. Ce à quoi il faudrait d'ailleurs ajouter que toute équilibration, à quelques niveaux que ce soit ne saurait être que provisoire, dans la mesure même où elle est constituée par un ensemble de comportement humain qui transforment le milieu ambiant et crée par cela même des conditions nouvelles grâce auxquelles l'ancien équilibre devient contradictoire et insuffisant.*

Dans ces perspectives, toute description d'une structure dynamique où (pour employer un terme que Piaget semble préférer aujourd'hui) toute description d'un processus de structuration (qui est d'ailleurs aussi par son côté complémentaire une description d'un processus de déstructuration de structures précédemment existantes) a un caractère compréhensif par rapport à l'objet étudié et un caractère explicatif par rapport aux structures plus limitées qui en sont les éléments constitutifs » (Goldman, 1970, p.21 - souligné par nous)

C - Structuralisme génétique et cognition sociale (conscience sociale et rationalité interactive).

Peut on remonter de la structuration individuelle à la structuration sociale ? En d'autres termes, dans quelle mesure peut on appréhender les structures sociales à partir des structures mentales ? Deux éléments de réponse nous viennent de la pratique des sociologues.

Premièrement, la structure initiale dont nous sommes partis est *l'institution*. Celle-ci n'a de sens que si elle est *légitime*, en ce sens que les individus ont intégré dans leur conscience la règle et les conséquences de la transgression éventuelle de cette règle.

Prenons un exemple économique pour illustrer ces propositions un peu abstraites. Un *échange marchand* ne peut se réaliser sans *droit de propriété*. Mais le *droit de propriété* est une institution qui nécessite d'être légitimée dans la conscience des acteurs. Que se passe-t-il s'il

y a perte de légitimité ? Il ne s'agit pas ici de parler des incivilités, mais de la diffusion très répandue dans toutes les couches de la société d'une pratique illégale, contraire au droit de propriété intellectuelle : le piratage des logiciels ou des CD audio¹⁴⁰. Quelles sont les données du problème. La majorité des *gens* ont intériorisé dans leurs valeurs morales la légitimité des droits de propriété associés à ce que l'on appelle des « *biens rivaux* ». La raison en est simple. Si je mange ta pomme, tu ne pourras plus en faire de même ; comme personne n'aime être spolié, une majorité de gens respecte le droit de propriété en vertu de l'adage : « *ne fais pas à autrui ce que tu n'aimerais pas que l'on te fasse* ». On peut trouver ici un fondement non coercitif de la *légitimité* (plus ou moins) « *spontanée* » du droit de propriété dans les sociétés modernes. Dans l'affaire qui nous intéresse, on remarquera que la menace de coercition demeure : il est toujours illégal de faire des copies de programmes ou de musique numérisée¹⁴¹. Cependant, si les *gens* font bien des copies illégales, c'est qu'il considèrent que l'interdiction de copie imposée par le propriétaire des droits intellectuels sur l'œuvre n'est pas (ou plus) légitime, et *qu'ils n'ont pas intériorisé la règle car ils ne la considèrent plus comme légitime*. Ils ont quelque raison pour cela : le bien n'est pas *rival*, puisque l'on peut en user (le copier) sans en priver les autres. Avec un coût marginal de re-production quasi nul, le bien en question est un candidat pour être bien public¹⁴². Seule la protection juridique ou technique artificielle peut limiter cette pratique en privatisant son usage.

Les institutions ne sont donc pas seulement des contraintes environnementales, comme dans le schéma néo-institutionnaliste de Williamson (Figure 1-3, p.90). Leur fonctionnement effectif suppose également qu'elles aient une *existence légitime dans la conscience sociale*. C'est aussi cet *enracinement dans le mental* qui explique leur résistance et leur évolutivité fonctionnelle relativement aux conditions de leur genèse, soulignée par Marc Bloch :

« Les institutions une fois créées prennent quelque chose de rigide et tenant par toutes sortes de liens à l'ensemble du complexe social poussent de trop fortes racines

¹⁴⁰ Les deux phénomènes ne font pas sens de la même manière et n'ont pas les mêmes effets au niveau économique. Cependant, au niveau de généralité où nous allons nous situer, on peut les confondre.

¹⁴¹ Un juriste ferait ici remarquer que dans le cas qui nous intéresse, ce n'est pas directement le droit de propriété intellectuelle qui est violé, c'est un droit d'usage dérivé du droit de propriété lui-même. On ne s'arrêtera pas à ce détail et l'on considèrera qu'une règle en rapport avec le droit de propriété n'est pas respectée.

pour pouvoir être aisément arrachées lorsque leur première raison d'être a disparu ». (Bloch p.13, cité par Boyer, 1991, p.1411-1414).

Dans la période de genèse d'une institution, sa légitimité dans la conscience sociale n'est pas encore établie. Elle ne fait sens que relativement aux valeurs (structures) anciennes sur laquelle elle se fonde. C'est son fonctionnement même qui va lui donner à la fois son sens *institué* et sa légitimité sociale. Avec l'enracinement dans les mentalités, elle conservera ses nouvelles fonctions alors même que les conditions incertaines de sa genèse auront été oubliées.

Une seconde dimension sociale doit être prise en compte pour comprendre *la dimension sociale des constructions cognitives individuelles*. On sait que l'apprentissage se fait essentiellement par interaction. Les parents avec leurs enfants, les maîtres avec leurs élèves, etc. La rationalité est donc principalement interactive dans ses fondements. Piaget lui-même, dans ses travaux de sociologie considère que l'on peut légitimement passer de la dimension individuelle à la dimension sociale :

« Le rapport entre le sujet et l'objet matériel modifie le sujet et l'objet à la fois par assimilation de celui-ci à celui-là et accommodation de celui-là à celui-ci... Mais, si l'interaction entre le sujet et l'objet les modifie ainsi tous deux il est a fortiori évident que chaque interaction entre sujets individuels modifiera ceux-ci l'un par rapport à l'autre. Chaque rapport social constitue par conséquent une totalité en elle-même, productive de caractères nouveaux et transformant l'individu en sa structure mentale. De l'interaction entre deux individus déjà à la totalité constituée par l'ensemble des rapports entre les individus d'une même société, il y a donc continuité et, en définitive la totalité ainsi conçue apparaît comme consistant non pas comme une somme d'individus mais en un système d'interactions modifiant ces derniers en leur structure même. » (Piaget, 1965)

Si l'on adopte ce point de vue, *en situation d'apprentissage*, la rationalité individuelle devient contingente à la fois aux *structures sur lesquelles repose l'apprentissage* lui-même et à la *nature des interactions* qui ont participé au processus d'apprentissage. Finalement, le processus de morphogenèse des *structures sociales* pourrait dépendre plus fortement du résultat de *la composition des interactions* que de ce qui a pu motiver les actions individuelles

¹⁴² D'ailleurs certains observateurs ont remarqué que dans des temps pas si éloignés les artistes vivaient de la prestation de *spectacles vivants* ou se faisaient entretenir par des personnages publics (princes, évêques,...), dans le cadre social de la « *Société de cour* » (Elias 1985)

elles-mêmes. Il ne s'agit pas pour nous de dire que *tous* les processus de morphogenèse ne dépendent *que* des interactions inter-individuelles, mais de dire que si *certain*s de ces processus dépendent *principalement* de ces interactions, alors, *il n'est pas illégitime d'étudier les propriétés génériques de ce type d'interaction en faisant dans une certaine mesure abstraction de certaines dimensions de la rationalité cognitive individuelle*. Si l'on se reporte aux travaux des économistes, de telles questions sont étudiées par exemple par certains auteurs qui publient dans la collection « *Economic Learning and Social Evolution* »¹⁴³ comme Samuelson, (1997), ou Durlauf, Young (2001) ; plus généralement, il s'agit du programme que Walliser (2000) qualifie de « *programme évolutionniste* ».

Dans d'autre cas, le niveau individuel sera insuffisant pour rendre compte du processus d'apprentissage, et il faudrait descendre au niveau infra-individuel, comme le montre Sperber (1997). En effet, « *on tient pour acquis aujourd'hui, en psychologie cognitive, que les processus mentaux sont pour la plupart inconscients* » (op.cit. p. 123)¹⁴⁴. Les travaux des sociologues étudient les conséquences involontaires des comportements volontaires (Boudon, 1977 ; Elster, 1983, 1986, 1990) il faudrait donc ainsi étudier aussi les conséquences des comportements involontaires. Sperber prend l'exemple de la linguistique historique qui prend comme unité d'analyse infra-individuelle les actes de paroles, ce qui lui permet d'intégrer dans les comportements verbaux qui causent l'évolution des langues des actes involontaires.

« aussi involontaire que soit une action, elle comporte toujours des aspects involontaires dont les effets causaux ne sont pas a priori moindres que ceux des aspects volontaires (...) L'évolution d'une langue est donc l'effet involontaire des aspects intentionnels aussi bien qu'intentionnels de cette action intentionnelle par excellence qu'est la parole ». (op.cit. p.130).

Sperber montre alors que le *cognitivisme au sens fort*, c'est à dire « *l'adhésion au programme mécaniste et naturaliste des sciences cognitives* », s'il est bien compatible avec un individualisme méthodologique au sens faible, qui prend des entités infra individuelles comme unités d'analyse, ne l'est pas avec *l'individualisme méthodologique au sens fort*, qui se propose d'expliquer les phénomènes sociaux comme la conséquence des actions *rationnelles* des acteurs.

¹⁴³ dirigée par Ken Binmore. On peut également inclure Young (1998) dans ce type d'approche.

¹⁴⁴ On peut certainement reformuler cette phrase à la lumière du concept de « *conscience pratique* » proposé par Giddens (1987) qui limite l'inconscient à son acception freudienne (ce qui est refoulé) cf. *supra* p.110.

On voit ainsi que la conception traditionnelle de l'individualisme méthodologique voit sa portée largement contestée à partir de ses propres présupposés (phénomènes sociaux sont la conséquence des actions des acteurs) dès lors que l'on introduit les conséquences des actions involontaires d'une part, et des structures d'interactions dans lesquelles elles viennent s'insérer, d'autre part. Cet empilement de niveaux d'analyse représente certes une difficulté, mais si on adopte une position naturaliste / matérialiste, il est possible de plaider pour *l'autonomie relative des niveaux*, à condition d'en comprendre l'articulation.

« *Le naturalisme n'est pas en lui même un réductionnisme. Il ne demande pas que les niveaux supérieurs soient rabattus sur les niveaux inférieurs. Il demande en revanche que des passerelles soient jetées entre les niveaux. Pour qu'il en aille ainsi, il faut décrire chaque niveau d'une manière qui permette de le mettre en rapport avec les niveaux voisins* » (Sperber, 1997 p.126).

On remarquera ici que si *l'on peut toujours simuler* l'évolution d'un système comprenant plusieurs niveaux de hiérarchie afin d'en *comprendre* le principe, il sera beaucoup plus difficile (mais non absolument impossible) d'en fournir une explication détaillée, et encore plus de trouver une solution *analytique* pour un tel problème. Par contre une telle approche pourrait être intéressante pour *identifier par expérimentation* l'autonomie relative des niveaux et pour proposer des découpages en sous-ensembles plus particulièrement pertinents pour un problème donné.

Une conséquence de cette position devrait être *à la fois* l'acceptation des principes d'un *individualisme méthodologique complexe* comme composante essentielle des phénomènes de morphogenèse et le *refus de l'exigence absolue de « fondements micro » des relations plus agrégées*. D'abord de quel niveau « micro » s'agit il ? ? On a vu que l'on pouvait toujours trouver de plus petit niveaux d'analyse et même descendre au niveau infra-individuel. Pour les évolutionnistes, par exemple, on se place au niveau infra des *routines*. D'un point de vue cognitif, on peut aussi considérer les *schèmes*, etc... Inversement, est-il légitime de considérer l'entreprise comme un « maxi-agent » doté d'une capacité univoque de décision, comme le fait usuellement la théorie standard ? Puisque certains réclament des fondements microéconomiques aux relations stylisées de la macroéconomie, ne devrait-on pas être obligé, pour représenter l'entreprise, de faire un *gros modèle de décision* avec plusieurs principaux (les actionnaires) des jeux de négociation (les relations avec les syndicats, les banques...), etc. ?

En adoptant plusieurs perspectives, ne risque-t-on pas de tomber dans l'éclectisme ou dans l'instrumentalisme ? En adoptant ce que l'on a décrit comme un point de vue (pragmatique) d'historien, on pourrait au contraire arguer que *toutes les approches ont leur légitimité, à condition d'être adéquate à leur objet*. Dans les travaux présentés ici, nous avons retenu (chapitre III) des approches de la *théorie standard élargie* pour formaliser des mécanismes de prix sur des marchés de services identifiés dans leur spécificité historique et par leurs caractéristiques technico-économiques : critiquables, comme toutes les techniques, celles qui ont été utilisées nous sont cependant apparues comme les plus pertinentes pour répondre aux questions posées - du moins dans l'état actuel des connaissances. Développer un modèle évolutionniste de sélection des routines ne nous aurait servi à rien pour proposer, à titre indicatif, un principe normatif de tarification sur le marché de l'interconnexion. Les discussions évoquées plus haut nous ont cependant mis en garde contre le risque d'incohérence entre des démarches théoriques incompatibles. Il nous faudra donc être vigilant dans ce domaine. Mais les tenants des paradigmes rivaux de l'économie ont la fâcheuse habitude de forcer leurs différences et de masquer leurs points de convergences. Les contraintes et les potentialités, nouvelles pour l'économiste, des plate-formes multi-agents devraient nous fournir un champ d'expérience enrichissant dans ce domaine (chapitre IV).

Pour résumer, on a vu que les dimensions sociales institutionnelles et interactives ne sont pas aisément dissociables des formes de leur incorporation dans les mentalités individuelles. Pour rendre compte de l'historicité des phénomènes sociaux, nous avons vu également la nécessité d'articuler d'un point de vue dynamique la dimension de l'*action* au sens sociologique du terme avec la dimension *structurelle* du social, ce qui est possible si l'on adopte une *approche génétique*. Mais ceci implique d'adopter *deux points de vues certes complémentaires, mais irréductibles l'un à l'autre*.

Pour Boudon (préface à Simmel, 1923), structures et actions s'engendrent mutuellement¹⁴⁵ : « *...si les phénomènes sociaux sont toujours le produit d'actions individuelles, les actions s'inscrivent dans un contexte, lequel a une structure : les structures ne sont compréhensibles qu'à partir des actions et les actions ne sont compréhensibles qu'à partir des structures* »

¹⁴⁵ On notera que cette version de l'individualisme méthodologique est beaucoup moins forte que celle qui est habituellement utilisée par les économistes. Pour une critique des présupposés de l'*homo œconomicus* qui reste interne à l'individualisme méthodologique, on peut lire Demeulenaere (1996) : il s'agit d'un sociologue qui se présente comme proche de Boudon .

(op.cit. p. 11). Si l'on adopte le point de vue du structuralisme génétique, on peut être en accord avec la dernière partie de la proposition : la connaissance des structures est nécessaire pour comprendre les actions. Mais alors, *la connaissance des actions n'est plus ni nécessaire ni suffisante pour comprendre la logique des structures dans leur fonctionnement « normal »*. Par contre, la connaissance de ces actions sera nécessaire à la compréhension de la *genèse* des structures, mais cette seule connaissance reste insuffisante, contrairement à ce que soutient Boudon. On aura, de plus, besoin de connaître les structures d'interaction et la trajectoire spécifique d'évolution. Pour résoudre l'ensemble de ces questions, nous devons donc nous munir d'une *théorie des pratiques et de la socialisation*.

1.3.3. Au-delà de l'opposition Holisme / individualisme : construire une théorie des pratiques et de la socialisation

A - Construire une « théorie des pratiques »

Billaudot (1996) propose de dépasser l'opposition holisme / individualisme, incarnée par l'opposition *homo oeconomicus / homo sociologicus*¹⁴⁶. *L'homo oeconomicus est tourné vers l'avenir*. Il poursuit un objectif dans un environnement probabilisable ; il choisit l'action qui lui procure l'utilité attendue la plus élevée, sa rationalité est instrumentale (Walliser, 1995). selon cette perspective méthodologique, *la dimension sociale n'est que la résultante intentionnelle de l'agrégation des choix individuels*. *L'homo sociologicus* est tourné vers le passé. Il se conforme à des normes héritées du passé, et *la dimension sociale se traduit par le prima des structures sociales sur les choix individuels* (Durkeim affirme par exemple que le fait social se reconnaît à la contrainte qu'il exerce sur l'individu).

Billaudot propose de dépasser cette opposition par la construction d'une *théorie des pratiques*. Il s'agit pour lui de conserver l'idée d'une rationalité économique tournée vers l'avenir, mais celle-ci pourrait intégrer la possibilité de situations « *radicalement* » *incertaines*, faisant perdre aux calculs optimisateurs classiques une grande partie de leur pertinence¹⁴⁷.

¹⁴⁶ Cette opposition peut être plaisamment caricaturée par la boutade de Duesenberry : « *l'économie étudie comment les individus font des choix ; la sociologie comment ils n'ont aucun choix à faire* » (cité par Granovetter, 1985, p.485)

¹⁴⁷ cf. par exemple Favereau (1989a) sur la dimension procédurale de la rationalité sous-jacente aux modèles d'options, ou Cowan (1991) sur la perte de pertinence de la control optimal adaptatif stochastique a la Gittins en

Dans les disciplines des sciences sociales autres que l'économie, l'idée de *pratique* correspond à la prise en compte des comportements routiniers, qui occupe par contre une place centrale de l'économie évolutionniste. Giddens (1987) définit par exemple la conscience pratique (par opposition à la conscience discursive) comme « *tout ce que les acteurs connaissent de façon tacite, tout ce qu'ils savent faire dans la vie sociale sans pour autant avoir à l'exprimer directement de façon discursive* »¹⁴⁸. Ceci peut inclure en particulier leurs croyances et ce qu'ils savent de leur propre action s'ils ne peuvent l'exprimer de manière discursive. La routinisation est un élément clef de la conscience pratique chez cet auteur. Il définit ainsi le « caractère habituel, tenu pour acquis, de la vaste majorité des activités qu'accomplissent les agents dans leur vie sociale ». Ces styles coutumiers et conduites usuelles ont selon lui un caractère auto-renforçant dans la mesure où ils procurent à l'individu « *un sentiment de sécurité ontologique* », c'est à dire un état de confiance en soi et en son environnement (op. cit. p.443).

Chez Bourdieu la pratique est la mise en œuvre de l'action selon deux modalités. *La maîtrise pratique de la pratique* désigne l'aptitude à adopter une stratégie adéquate à la *logique du champ* et à la position de l'acteur dans le système. La pratique de la pratique repose sur des mécanismes largement inconscients construits autour de l'*habitus*. *La maîtrise symbolique de la pratique* renvoie à la capacité d'engendrer des *pratiques non spontanées* par des *raisonnements formels*. Au total, le *sens pratique* comprend donc « un système acquis de préférences, de principes de vision et de division (le goût), de structures cognitives durables et de schémas d'action qui orientent la perception de la situation et la réponse adaptée » (Bourdieu, 1994, p.45) Chez les marxistes, la *pratique* désigne ce qui singularise l'espèce humaine après la capacité de théoriser, c'est la *capacité de produire ses propres conditions d'existence et de les transformer*. La pratique est donc *par nature historique*. Pour Gramsci, la pratique est d'abord sociale ; elle est « *l'ensemble de rapports sociaux* dans lesquels les hommes vivent et se meuvent, œuvrent ».

Par ailleurs, dans le domaine des actions qui découlent de délibérations mentales explicites, les choix individuels, puisqu'ils sont tournés vers l'avenir, doivent intégrer les situations où

présence de rendements croissants d'adoption) Cf. également les modèles d'apprentissage incomplet Rothchild 1974, Bourguine Leloup (1998, 2000) et *supra*, § 4.1.1. chapitre IV

¹⁴⁸ Giddens (1987) distingue cependant la conscience pratique de l'inconscient freudien : « *aucune barrière de refoulement ne protège la conscience pratique* » (op.cit. p.440). On peut cependant relire à la lumière de cette distinction la citation de Sperber (1997) proposée p 106 : « *on tient pour acquis aujourd'hui, en psychologie cognitive, que les processus mentaux sont pour la plupart inconscients* » (op.cit. p. 123).

l'incertitude est difficilement réductible. Ceux-ci peuvent résulter aussi bien de l'évolution de l'*environnement* des acteurs que de leurs *interactions stratégiques*. Ils doivent donc incorporer des préoccupations de coordination (dimension *sociale*) et d'acquisition d'information (dimension *cognitive, apprentissages ...*) (Orléan, 1989, 1994).

Les pratiques individuelles nécessitent également des références communes, des « *conventions constitutives* » pour faciliter la coordination des pratiques (*rationalité contextuelle*)

« *Les conventions permettent aux personnes impliquées dans une activité donnée de trouver une solution praticable à l'incertitude. Elles permettent d'engendrer, dans le cours de la situation, des attentes réciproques sur les compétences et les comportements des autres* » (R. Salais, in Orléan, 1994)

Au total, construire une « *théorie de la pratique* » suppose pour Billaudot une meilleure prise en compte des phénomènes *d'interdépendance sociale*, de l'*incertitude*, et donc des effets des *apprentissages individuels et collectifs* sur la *prise de décision individuelle*.

La prise en compte des apprentissages conduit à une *forme cognitive de la rationalité*. L'incorporation de règles conventionnelles ou institutionnelles dans les procédures rationnelles de choix correspond à une *forme « contextuelle » de la rationalité*. Celle-ci se traduit par l'existence de représentation et de modèles de décisions adoptés par des collectivités d'individus, qui peut conduire à l'émergence d'acteurs collectifs, organisations et réseaux sociaux. Une telle *rationalité cognitive et contextuelle* permet ainsi de fonder une « *théorie des pratiques sociales* » sur des procédures historiquement et localement déterminées. A ce point de l'exposé, nous sommes pleinement en accord avec Billaudot sauf en ce qui concerne le rejet radical d'une rationalité classique, du moins dans sa version amendée par les approches de l'économie. La théorie de la décision interactive, par exemple contient de nombreux cas qui permettent de *contextualiser* la décision, y compris en information incomplète. Finalement, l'incorporation des faits sociaux dans la « *théorie des pratiques sociales* » nécessite une « *théorie de la socialisation* ». Ceci est une question bien connue des sociologues, mais les économistes commencent à se doter d'outils formels pour en rendre compte.

B - Construire une théorie de la socialisation : (I) la contribution des sociologues

Pour Granovetter (1985, 2000), les modèles de la théorie économique standard évacuent la dimension sociale des échanges, considérant implicitement que l'ordre préexiste au marché . Ils sont donc caractérisés par une « *absence de socialisation* ». A l'inverse, l'approche

sociologique standard se verrait reprocher un « *excès de socialisation* » dans la mesure où la dimension *individuelle* des choix est considérée comme un épiphénomène par rapport à *l'influences de normes sociales*. Selon lui, les deux approches évacuent la question posée par Hobbes dans le *Leviatan* : comment faire émerger un ordre lorsque les individus, poursuivant leur propre intérêt, sont susceptibles de malveillance ? (« *l'homme est un loup pour l'homme* »). Pour remédier à ces deux excès, l'approche des « *réseaux sociaux* »¹⁴⁹ est supposée fournir une voie médiane entre *excès* et *absence de socialisation*.

Selon cette approche (encadré 1-3), la structure sociale apparaît à la fois comme le *produit* et le *déterminant des interactions* qui résultent des actions individuelles. Ces « *effets émergents* » des choix sociaux peuvent ainsi soit renforcer la structure, soit provoquer le changement. Relativement à la structure concernée, les interactions sociales jouent ainsi le rôle du système de transformation du structuralisme génétique. Dans des travaux plus récents, Granovetter (1994) s'est également intéressé aux processus de socialisation qui contribue à l'émergence des institutions, dans une perspective qui nous rapproche également de l'approche *conventionnaliste*.

Au delà de la sociologie économique, certains auteurs essaient de reconstruire un système théorique sophistiqué pour rendre compte de la socialisation, comme par exemple Habermas (1973, 1976b, 1981, 1984) déjà cité ou Giddens (1984). Ce dernier souligne l'opposition entre les sociologies interprétatives qui « *reposent sur un impérialisme du sujet individuel* » et les sociologies fonctionnalistes et structuralistes qui « *affichent un impérialisme de l'objet sociétal* »¹⁵⁰ (op.cit. p 50) et propose de dépasser une telle opposition grâce à une *théorie de la structuration*, qui possède semble-t-il les caractéristiques d'un structuralisme génétique, dans la mesure où elle « *fait référence aux règles de transformations qui régissent la matrice structurelle* » :

« l'analyse des relations sociales doit pouvoir déceler deux dimensions syntagmatique et paradigmatique : la première fait référence au développement, dans l'espace-temps, de modèles régularisés de relations sociales qui engagent la reproduction de pratiques spatio-temporellement situées ; la seconde concerne un ordre virtuel de « modes de structurations » engagés de façon récursive dans la reproduction des pratiques. » (op cit. p.63-64)

¹⁴⁹ L'approche des réseaux sociaux, utilisée par la sociologie économique, et les travaux de Granovetter en particulier seront présentés avec plus de détail *supra*, § 3.3.2

¹⁵⁰ Une distinction peut ainsi être faite entre des approches herméneutiques ou psychologues de l'individualisme méthodologique (par exemple Simmel, 1923) et celle, axiomatique et à prétention nomothétique de l'économie.

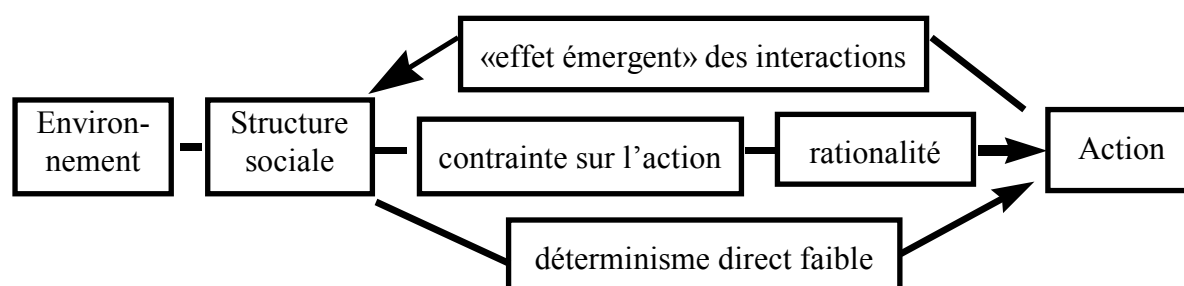
Encadré 1-3 : L'analyse interactionniste des réseaux sociaux

L'analyse *interactionniste* des réseaux sociaux propose pour Degenne, Forcé (1994) un *déterminisme faible* : elle rejette le primat de la structure sociale sur les individus, la contrainte devient relative pour laisser la place au libre arbitre individuel et aux effets en retour des actions sur la structure :

- La structure sociale ne se réduit pas à la somme des actions individuelles
- Elle exerce une contrainte formelle qui laisse l'individu libre de ses actes, bien qu'il soit informé que « tout n'est pas possible »
- Les effets émergents qui résultent des actions individuelles et de leur interaction peuvent ainsi soit renforcer la structure, soit provoquer le changement.

Exemple : mariages homogames dans un réseau fortement homogène.

- [a] Déterminisme direct (faible) : le réseau favorise l'homogamie, par le biais des rencontres qu'il permet.
- [b] Contrainte sur l'action : Si un individu souhaite se marier il est plus facile de prendre un conjoint de même statut social...
- [c] Rationalité : ... car cela est moins «coûteux» socialement (compte tenu de [b]), et donc plus conforme à l'intérêt individuel.
- [d] Effet émergent des interactions : le choix de l'homogamie renforce l'homogénéité de la structure, qui résulte des choix individuels.



Source : Degenne, Forcé (1994)

Que ce soit pour Habermas ou pour Giddens, une lecture plus poussée de ces auteurs, inscrite à notre agenda, est encore nécessaire pour identifier la portée et les limites de leur système théorique et son intérêt pour notre démarche d'économie historique. Finalement, que ce soit en sociologie où dans le domaine de la *théorie économique standard élargie*, on assiste donc à un certain nombre d'évolution qui vont dans le sens d'une convergence plus grande des approches entre les niveaux d'analyse et les formes de rationalité retenues (cf. également Thevenot, 1995).

C - Construire une théorie de la socialisation (2) formaliser les interactions sociales.

Une formalisation plus explicite du rôle des processifs évolutifs d'interactions sociales dans les phénomènes sociaux émergents permet de mettre plus clairement en évidence les enjeux d'une approche incorporant plus explicitement le rôle des pratiques et de la socialisation dans les genèse, le fonctionnement et le dépérissement des structures sociales, qu'elles soient économiques, culturelles ou technologiques. Certes, toute formalisation est réductrice, mais elle a le mérite de permettre la *mise à l'épreuve de la logique du discours*, et d'en explorer les conséquences, ce qui peut être particulièrement intéressant lorsque les résultats obtenus sont plus ou moins contre - intuitifs.

Hodgson (1988) propose quatre orientations pour le programme de recherche évolutionniste/institutionnalistes. Les modalités de ces directions et leurs conséquences pour la formalisation ont été résumées par Coriat, Dosi (1995). Les trois dernières approches, qui sont proches du programme évolutionniste « Italien » sont jugées par ces auteurs « cohérentes avec la TR ». On y trouve d'abord (1) les institutions considérées comme déterminant des mécanismes d'interaction et de routines individuelles, qui styliseraient ainsi « *quelques archétypes des différents modes de régulation* ». On y trouve ensuite (2) l'inscription des institutions dans les « *représentations du monde* » des acteurs, et enfin (3) les institutions incorporées à la fois dans les représentations du monde et dans les routines.

La dernière approche (4), qui utilise les « *jeux évolutionnaires*¹⁵¹ » est jugée par ces auteurs « *trop restrictive et limitative pour prétendre abriter l'épaisseur d'une véritable analyse des institutions* » (op cité p.510). Il n'est pas faux de dire que ces modèles « *tendent à réduire les procédures de cognition et d'apprentissage à des comportements d'auto-renforcement* » (id.). Cependant, l'intégration de phénomènes d'auto-renforcement dans des modèles plus larges permet d'obtenir des résultats assez intéressants, que ce soit avec des modèles de jeux évolutionnaires ou avec des modèles d'interaction stochastiques comme le prouvent les

¹⁵¹ « *Evolutionary games* » n'a pas encore de traduction française définitivement établie. Le qualificatif « *d'évolutionnaire* » est utilisé ici pour souligner la différence entre le programme de recherche « *evolutionary games* » du programme des évolutionnistes « *italiens* » ou américains (i.e. Nelson Winter). En pratique, la grande majorité des articles dans ce domaines sont produits par des théoriciens des jeux qui recherchent d'autres formes de rationalité qui permettraient de résoudre un certain nombre de paradoxes de l'approche classique (cette démarche peut être illustrée par exemple par les réflexions et la trajectoire de Binmore (1987, 1988, 1990). Mais on y trouve également des auteurs plus hétéroxes (cf. Phan, Piatecki, 1997 ; Boyer, Orléan, 1993, 1994b, Orléan (1996) ont également exploré un certains nombre de conséquences de ces approches au delà de la question de l'évolution des conventions (Boyer, Orléan, 1991, 1992, 1994a).

travaux d'Orléan, ou encore les modèles d'interactions localisés passés en revue par Durlauf (1997), Brock Durlauf (1999, 2000), Blume Durlauf (2001) présentés supra (§ 4.2.3.).

Dans ce qui suit, on présentera brièvement *deux classes* de modèles formels susceptibles de rendre compte d'évolutions de populations vers des macro-structures non triviales suivant des processus historiques résultant de l'effet des interactions ou de l'influence sociale. Ces modèles peuvent être caractérisés par des phénomènes *de path dependance* et de *lock-in*, et peuvent donc être considérés comme se situant dans le prolongement du programme de travail de David (1993) pour construire une « *économie historique* ». Ces modèles seront présentés plus en détail dans le chapitre IV, consacré à Moduleco.

Certains auteurs se sont intéressés à l'application des jeux évolutionnaires à l'émergence des conventions¹⁵². Boyer, Orléan (1991, 1992, 1994a) ont exploré l'utilisation des jeux évolutionnaires pour formaliser l'émergence d'une des conventions fondatrices d'un mode de régulation et on étendu par ailleurs ces analyses à d'autres formes de coopération sociale Boyer, Orléan (1993, 1994b). Dans le chapitre IV, on présente selon cette perspective un jeu de coordination symétrique inspiré de Maillath (1993) et d'Orléan (1996) où il peut exister deux équilibres dont l'un est Paréto-dominant mais risque-dominé (illustration du passage à la Convention *fordiste*). Dans ce modèle, l'attracteur de l'état Pareto supérieur peut très bien disparaître ou être difficilement atteint (chapitre 4, encadré 4-1). Dans l'application qui nous intéresse, s'il existe des configurations où un changement de régime est possible de manière complètement auto-organisé, il existe d'autres situations où seule une intervention centralisée (par exemple la mise en place de conventions collectives de branche comprenant des clauses d'indexation salariales fondées sur un indice intersectoriel) permet de parvenir à la situation socialement préférable.

On doit aussi ajouter les modèles d'interaction sociale stochastiques qui commencent à être utilisés dans les sciences sociales, pour rendre compte différentes formes d'externalité dans les phénomènes où *l'influence sociale* a un effet sur les choix individuels. Cette classe de modèles sera présentée dans le chapitre IV. On peut y observer des dynamiques globales non triviales d'émergence structurelle. Les interactions entre les agents et *l'histoire du processus* ont une influence décisive sur son issue. En particulier, on peut voir des résultats variés : population monomorphe avec effets de *lock-in* à partir d'un certain niveau ; survivance de deux populations (polymorphisme), avec

¹⁵² Cf. Sugden (1989) (1995) Young (1993) (1998) ; Pour une synthèse didactique des formalisations cf. Maillath, (1993) et Young (1996) pour une revue de cette littérature.

possibilité *d'effets de niche* ; une population dominée dans une certaine configuration peut devenir dominante dans une autre configuration (cf. par exemple Curien & alii, 2001)

Sur la base de cette littérature, on peut déjà tirer quelques enseignements ; Si les choix sociaux individuels prennent en compte l'influence sociale, il peut arriver que la dynamique d'un système d'interaction donné (micro-système dans le cas d'un choix technologique, macro-système dans le cadre d'un choix conventionnel à portée institutionnelle) soit à la fois imprévisible et/ou instable. Ainsi, si l'on observe l'existence de *régularités*, correspondant à l'existence sous-jacente d'un attracteur stable ou méta-stable, on peut aussi admettre la possibilité de zones de turbulences, caractérisées par des phénomènes de *bifurcation* et de *dépendance historique*. Si l'identification des périodes effectives de stabilité et d'instabilité (relative) restent du domaine de l'analyse historique comparée, ces classes de modèles permettent d'en démontrer logiquement le mécanisme dans des cadres, il est vrai très « stylisés ».

La réalité est, certes, beaucoup plus complexe que ne savent le décrire ces modèles. D'abord, si les périodes de stabilité des régimes de régulation macroéconomiques sont de l'ordre de plusieurs décennies, d'autres phénomènes connaissent des rythmes économiques d'un ordre différent qui peuvent engendrer des périodes d'instabilité plus fréquentes. La viabilité d'un régime de croissance macroéconomique se traduit, en particulier, par sa capacité à réguler de telles tensions (comme les « petites crises » dans la régulation « concurrentielle »). De plus, les macrosystèmes économiques et sociaux sont formés par des structures plus petites et emboîtées dans d'autres structures transversales (comme celles des secteurs d'activité) ou plus larges (économie mondiale, par exemple). En conséquence, si l'on adopte des hypothèses de rationalité instrumentale, *l'évolution d'un macrosystème* ne peut pas être réduite à la simple agrégation des décisions d'agents individuels intentionnelles, mais apparaît comme *la résultante, partiellement non intentionnelle, et irrémédiablement complexe des actions individuelles et de leurs médiatisations à des niveaux intermédiaires*.

Comme « *La complexité est un ordre dont on ne connaît pas le code* » (Atlan, 1979), une connaissance analytique de tels systèmes est rarement possible : en le simplifiant, on détruit son intelligibilité. On est donc réduit, soit à conserver des modèles agrégés des régularités contingentes capturées sous formes de *faits stylisés* dans des modèles historiquement « *tangentiels* » de l'économie, soit à analyser les processus d'émergence « *par le petit bout de la lorgnette* », dans des cadres plus restreints comme ceux de l'économie industrielle ou de l'étude de marchés spécifiques. De plus, ces approches analytiques ne sont pertinentes qu'à posteriori, quand l'histoire du système et de ses composantes est connue. On peut alors faire de la *rétrodiction* : c'est le « modèle du

modélisateur ». Pour les processus en cours, et pour la prospective, on peut élaborer des scénarios (Billaudot, 1996), ou faire de la modélisation téléologique (Le Moigne, 1990).

Conclusion : L'analyse de la transition structurelle : une approche évolutionniste et morphogénétique

Les périodes d'instabilité qui viennent perturber l'existence *d'un régime de développement sectoriel* peuvent correspondre soit à un changement de paradigme interne, soit à un changement de paradigme dans un secteur connexe, soit à une crise du régime macroéconomique, soit à la coïncidence de changements dans plusieurs de ces niveaux, dotés chacun d'une temporalité propre. Dans le cas du changement *interne* de paradigme, l'émergence de l'instabilité peut être expliquée de manière partiellement endogène, à partir de la déstabilisation progressive du régime antérieur, par la dynamique des comportements d'acteurs autour de la logique du système. Comme, dans une certaine mesure, au niveau macroéconomique (Aglietta, 1976) cette logique peut créer des tensions dont l'accumulation remet progressivement ou brutalement en cause les institutions qui assurent la stabilité d'ensemble du système. Dans les périodes de crises, la genèse d'un nouveau système (représentations, pratiques, et institutions) résulte de la composition des stratégies d'acteurs, individuels ou collectifs, où chacun cherche à infléchir à son avantage un environnement dont il apprend les règles au fur et à mesure de leur émergence, sans avoir toujours conscience de la contribution, en partie non-intentionnelle, de son action à cette émergence. L'ampleur avec laquelle des actes visant intentionnellement un objectif donné aboutissent à des résultats inintentionnels et non anticipés dépend évidemment du degré d'incertitude dans lequel se trouvent les acteurs relativement aux règles qui gouvernent leur environnement.

Les effets d'apprentissage en oeuvre durant la période de transition amènent le secteur à converger vers une situation où la cohésion entre les stratégies est assurée, par sélection des stratégies dominées. Lorsqu'un nouveau régime devient dominant, par élimination des stratégies non cohérentes, une stabilité relative se rétablit, et la qualité des anticipations s'améliore, l'incertitude radicale tend à céder la place à un risque probabilisable, lorsque les régulations nées du désordre de la période de *destruction créatrice* peuvent jouer un rôle stabilisateur.

* *Apprentissages, technologies et structures.*

On est ainsi amené à souligner la contribution "morphogénétique" des apprentissages organisationnels et technologiques, ainsi que des stratégies d'acteurs à l'émergence des logiques

et des institutions constitutives de la structure de l'ancien régime de développement sectoriel. Avec l'émergence d'un nouveau paradigme, éventuellement renforcé par des évolutions radicales de l'environnement externe, la conjonction des stratégies d'adaptation internes et externes au secteur a déplacé les déterminants de ce régime au-delà de ses limites de viabilité, le conduisant ainsi à une crise structurelle. Cette approche met en évidence les formes évolutives et transitoirement asymétriques de la relation entre la technologie et les structures. Dans la période "pré-paradigmatique" de genèse du nouveau régime, les trajectoires technologiques qui résultent des stratégies d'acteurs réduisent le champ des opportunités technologiques jusqu'à ce que la stabilité dynamique des déterminants structurels et des stratégies viables soit assurée.

Tout se passe comme si la technologie s'incarnait progressivement dans les déterminants structurels à travers lesquels elle s'efface graduellement du devant de la scène, pour ne réapparaître que de manière épisodique, avec chaque nouvelle opportunité technologique mineure, sous la forme maîtrisée d'une innovation incrémentale. L'institutionnel régule alors l'économie qui encadre étroitement le technologique. Puis, avec l'émergence d'un nouveau paradigme, les régularités structurelles sont remises en cause et la stabilité dynamique du système est perturbée. Au-delà d'un certain seuil critique, les opportunités technologiques se multiplient et le système entre en crise ; compétition technologique et stratégies d'acteurs jouent alors un rôle déterminant dans la morphogenèse des nouveaux déterminants structurels. Il faut se garder d'interpréter ce schéma explicatif comme un strict déterminisme technologique. Une crise structurelle ne résulte pas nécessairement de la seule émergence d'une innovation radicale, mais de déterminants multiples, de nature à la fois endogène et exogène au système étudié, qui contribuent à pousser celui-ci au-delà de son seuil de viabilité. Pour s'en persuader, on peut, par exemple observer qu'il se passe parfois plusieurs dizaines d'années entre l'émergence de l'innovation radicale initiale et le déploiement complet du paradigme technologique qui lui est associé. La transition paradigmatique peut aussi être déclenchée, impulsée, ou accélérée par une crise globale du système. Pour ces raisons, les régularités parfois observées dans les rythmes technologiques ne sauraient être interprétées comme des "cycles" réguliers, mais plutôt comme des mouvements longs dont l'émergence et le profil reste largement contingents.

Caminante, no hay camino, se hace camino al andar.

Marcheur il n'y a pas de chemin, le chemin se construit en marchant

Marcheur, ce sont tes traces
 Ce chemin et rien plus ;
 Marcheur, il n'y a pas de chemin.
 Le chemin se construit en marchant,
 En marchant se construit le chemin,
 Marcheur, il n'y a pas de chemin,
 Seulement des sillages sur la mer.

Ce chemin, et rien de plus ;
 Marcheur, il n'y a pas de chemin,
 Le chemin se construit en marchant.
 En marchant se construit le chemin,
 Et en regardant en arrière
 On voit la sente que jamais
 On ne foulera à nouveau.
 Marcheur, il n'y a pas de chemin,
 Seulement des sillages sur la mer.

Antonio Machado (1875-1939)

Proverbios y Cantares CC - CXXXVI-XXIX

Chapitre 2. Institutions, innovations et changements structurels dans les télécommunications et dans l'informatique : essais d'économie industrielle dans une perspective historique.

2.1. Une application du « mode de développement sectoriel » : « l'ancien régime » des télécommunications et sa crise endogène.

Les travaux présentés dans cette section ont été publiés entre 1992 et 2000. Ils concernent principalement les secteurs de l'informatique et des télécommunications. Leur motivation initiale est souvent contingente, mais chaque étude prend appui sur les précédentes. On peut cependant distinguer trois phases. La première comprend les deux études sur la libéralisation au Royaume Uni et ses conséquences (Beunardeau, Phan, 1992, Dang Nguyen, Phan, 1993, 1994), qui tirent parti d'un travail collectif réalisé dans le cadre de l'ENSPTT (Beunardeau, Guelaff, Phan, Villeneuve, 1991). Il s'agit d'une première prise de contact avec les méthodes de l'économie industrielle et le rôle des acteurs dans les processus de changement social. Pour respecter l'ordre chronologique, elles seront présentées dans la seconde parties de ce chapitre.

La première section s'appuie principalement sur Phan (1996) et accessoirement sur Dang Nguyen, Phan (1997, 2000). Il s'agit d'un premier essai d'application de la notion de « *régime de développement sectoriel* » qui vient d'être présentée à la fin du chapitre précédent. Dans Phan (1996), les acteurs commencent à apparaître, mais de manière narrative. Si la reconstruction rationnelle de la logique des régimes qui caractérisent l'ancien régime du réseau téléphonique comme les réseaux ouverts Télétel et Internet correspond bien à une esquisse de modélisation économique, la présentation des dynamiques de transition reste largement narrative, même si des esquisses de logiques dynamiques sont présentées et si les informations sont rationnellement ordonnées sous forme de typologie. Si les principes de la démarche qui viennent d'être présentés à la fin du chapitre précédent ont bien été posés dès 1996 dans l'annexe de Phan (1996), la démarche reste pré - conceptuelle, y compris dans Dang Nguyen, Phan (1997, 2000) qui constitue un premier essai de prise en compte des dimensions cognitives individuelles dans l'évolution structurelle. Pour aller plus loin, un cadre formel nouveau était nécessaire. Les premières réflexions pour dépasser ce stade pré -

conceptuel ont été rassemblées Phan (1998), dont la section 1.3. du présent travail représente une version remaniée. L'étape suivante sera la conception de la plate-forme moduleco, qui sera présentée au chapitre IV.

Dans la seconde section, on discute trois dimensions du processus de changement structurel à l'œuvre dans les deux dernières décennies du XX^e siècle. La notion de *paradigme numérique* porteuse de la dimension techno-économique du changement, est présentée dans une première sous section. Cette notion, déjà présentée dans divers travaux¹⁵³ en particulier dans Phan (1996) et Dang Nguyen, Phan (1997) a été progressivement précisée et renforcée, en particulier à l'occasion de travaux de synthèse (Dang Nguyen, Phan, Petit, 1997 ; Baslé, Kemos, Léon, Phan, 1997, Dang Ngyuen, Phan, 1997, 2000). La dimension politique et l'analyse des apprentissages économiques sont principalement centrées sur l'expérience du Royaume Uni dont il a déjà été question. Dans la deuxième sous-section, ces travaux sont complétés par une extension de la discussion des problèmes de service universel et service public face à la libéralisation en Europe esquissée dans Phan (1996). Il s'agit d'un travail collectif qui prend en compte les conséquences du *paradigme numérique* et de la politique européenne de libéralisation pour proposer une notion rénovée du *service public à la française* (Baslé, Kemos, Léon, Phan, 1997). Ce tour d'horizon des aspects institutionnels de la mise en place d'un nouveau régime est terminé par une présentation rapide d'un travail de synthèse principalement réalisé par Hanna Kontkiewicz sous ma direction sur la libéralisation dans les pays d'Europe Centrale (Phan, Kontkiewicz--Chachulska, 1995, 1998). Dans la dernière sous-section, on présente un travail commun réalisé avec Thierry Sommer (Phan, Sommer, 1997, 2000) sur l'évaluation de la portée et des limites de la théorie des coûts de transaction appliquée à l'industrie de la commutation publique. L'étude des liens entre la structure de gouvernance et l'innovation durant la transition paradigmatique avait été amorcée par Quelin (1992) dans une perspective surtout néo-institutionnaliste, et il s'agissait de prolonger ce travail, tout en amorçant une réflexion critique sur le cadre théorique, réflexion surtout développée dans la version longue (en anglais) de cet article (Phan, Sommer, 2000)

La troisième section rassemble des travaux qui intègrent une réflexion sur des aspects de la diffusion du paradigme numérique qui dépassent le domaine de la téléphonie vocale, en particulier, les aspects logiciels et communications de l'industrie informatique. Dans la première section, on présente plus largement la typologie des formes d'apprentissages dans

¹⁵³ cf. Brousseau, Petit, Phan, 1996, p.14 pour une généalogie de ces travaux.

les Technologies de l'Information et de la Communication (Dang Ngyuen, Phan, 1997, 2000). La question de la *production de complémentarité systémique*, discutée dans la section 1.2. du premier chapitre trouve une illustration dans le cas de l' *émergence contingente* du réseau Internet, discutée à partir de Phan (1996), Dang Ngyuen, Phan (1997, 2000) et du chapitre 6 de l'*Economie des télécommunications et de l'informatique*. Cette section se termine par deux contributions à l'économie du logiciel libre. Les deux travaux présentés (Phan, Genthon, 1997 ; Jullien, Phan 1999) montrent comment la diffusion du « paradigme numérique » remet en cause la nature des marchés et des activités à partir de la discussion sur les conditions d'émergence et l'impact des logiciels libres.

Au total, l'ensemble de ces travaux contiennent *trois applications de la notion de régime*. La première concerne le marché de la téléphonie vocale, mais celui-ci représente en soi également un secteur de l'économie, et c'est l'ensemble de la filière qui est considéré. Les deux autres aspects concernent les marchés de l'Internet dont les principes ne sont qu'esquissés pour le réseau « *originel* » de la recherche (Phan, 1996) et le Minitel, pour lequel on présentera un modèle formel avec les outils de la « *théorie standard élargie* » dans le chapitre suivant.

Le reste, c'est à dire la majorité des travaux présentés ici porte sur une *présentation largement narrative des processus de changement*. Ces présentations correspondent à une période de *transition intellectuelle* entre la démarche purement historique et l'application raisonnée d'une théorie élaborée des comportements individuels et des dynamiques collectives. Dans l'attente, des bribes théoriques plus ou moins éclectiques et des essais de typologies et de regroupements parfois analogiques parfois homologues ont été intégrés dans la démarche narrative qui cherche avant tout à mettre en évidence des logiques de changement et de stabilisation des pratiques, des institutions et des formes organisationnelles et technologiques. Il s'agit donc d'une démarche de recherche partiellement inductive, qui procède à l'évaluation de différentes structures conceptuelles, à la fois à la lumière des faits et par comparaison et recherche d'articulation des travaux entre eux. Ce travail a produit un certain nombre de fruits conceptuels qui n'apparaîtront pas dans ce chapitre, mais qui ont été intégrés dans la démarche d'élaboration de la plate-forme Moduleco.

Les présentations proposées dans cette partie vont à l'essentiel et on renvoie le lecteur aux travaux originaux dans le Tome II pour plus de détails.

2.1.1. Contingences, représentations « rétrogrades » et production stratégique d'une structure technico-industrielle et de son environnement institutionnel.

On a vu en introduction qu'un des programmes d'économie historique visait à rendre compte des phénomènes de diffusion des nouvelles technologies. Il s'agit là d'une dimension *morphogénétique* que nous avons qualifiée de *processus historique*, par opposition à l'approche par les *régimes*. Les fondateurs de cette approche (David, 1985, 1986, 1988, 1993 ; Arthur, 1989, 1994) ont montré que la trajectoire initiale d'un marché et/ou d'une nouvelle technologie peut être fortement influencée par de petits événements historiques. Si l'on cherche à réintégrer le sujet dans cette problématique, le rôle des représentations d'acteurs et les dynamiques coévolutives qui résulteront de la composition de comportements guidés par des représentations hétérogènes sera central. Un des objectifs de la plate-forme Moduleco est donc d'évaluer les propriétés de ces dynamiques (chapitre IV). Les travaux sous revue ici ont abordé ce problème sous l'angle de la narration, en pointant les événements ou les représentations décisives.

A - Une typologie des représentations individuelles qui conditionnent l'action.

Au niveau des représentations, Dang Nguyen, Phan (1997, 2000) ont proposé une typologie des représentations qui guident l'action des agents en situation de transition paradigmatique¹⁵⁴. Quatre variétés ont été identifiées:

Avec les représentations rétrogrades ou « backward looking », l'action stratégique est mise en oeuvre sur la base de représentations technico-économiques tournées vers le passé.

On distinguera deux types de *comportements mimétiques*. Le premier consiste à *copier les actions des autres acteurs* du secteur¹⁵⁵. Les réflexions méthodologiques d'Orléan (2000) sur les trois mimétismes que l'on peut observer sur les marchés financiers sont largement pertinentes dans ce domaine. Une seconde forme, qui seule a été développée dans l'article, concerne le mimétisme, qui consiste à tenter d'importer par analogie des représentations issues d'un autre secteur.

¹⁵⁴ Je remercie Godefroy Dang Nguyen, qui a eu l'initiative de construire cette typologie.

¹⁵⁵ Hors du domaine qui nous intéresse ici, il s'agissait d'un comportement très fréquent dans les banques de dépôts avant la déréglementation du secteur. Une justification pourrait être la suivante : conserver sa position relative par rapport aux autres.

La troisième catégorie de comportements concerne les stratégies fondées sur des « *visions* » individuelles, qui restent l'essence de l'esprit de l'entrepreneur schumpéterien¹⁵⁶. La dynamique résultant de la composition de ces comportements est très fortement sélective et relève de ce que Foray (1994) qualifie d'apprentissage « extensif ». Dans ce processus sélectif, ce n'est pas nécessairement la *vision* à posteriori la plus pertinente qui triomphera (la malédiction des précurseurs), mais celle qui se révélera la plus adaptée à la trajectoire technologique dans laquelle elle vient s'insérer.

Les constructions coopératives et délibérées de représentations collectives se fondent sur la perception de solidarités d'offre ou d'usage entre concurrents, et sur la mise en commun de compétences dans un objectif morphogénétique (mise en place d'une nouvelle institution, de nouvelles formes d'organisation,

On notera qu'une approche évolutionnaire qui viserait à expliquer un processus sélectif à l'œuvre sur la dynamique coévolutionnaire de telles représentations pourrait précisément prendre comme unité d'analyse (infra-individuelle) des éléments de représentation. Mais chaque individu porte en lui un *système de représentation*, qui peut combiner plusieurs des dimensions évoquées ici. Conformément à ce qui a été proposé au chapitre précédent, un tel modèle devrait donc également prendre en compte les effets de synergies entre représentations, liées à la structuration de ces représentations dans l'esprit des acteurs, selon une perspective génétique. Par contre, dans le cadre appliqué de Dang Nguyen, Phan (1997, 2000), seule la *résultante* de la combinaison de telles représentations au niveau de l'entreprise a été observée et donc a pu faire l'objet du classement.

Avant de considérer le cas de la genèse des réseaux téléphoniques, on peut juste illustrer l'idée de *système de représentation individuelle* par le cas de Renault et de Citroën, qui ont été évoqués au chapitre précédent. Tous deux peuvent être qualifiés de *visionnaires schumpéteriens*, mais ils avaient *hérité* en grande partie leur vision des constructeurs américains (mimétisme). Renault combinait d'ailleurs largement cette vision *forward* (qui comprenait certains éléments précurseur sur le mode de vie ouvrier) avec une vision largement *backward* dans le domaine social, comme d'ailleurs l'ensemble du patronat de la métallurgie (Fridenson, 1972b ; Phan, 1991). Sur le plan de l'action, Renault, plus prudent que

¹⁵⁶ Fransman (1992, 1994) souligne l'importance de la « vision » dans la détermination de la stratégie de recherche et de formation des compétences chez les opérateurs de télécommunications

Citroën, est cependant rentré lentement dans le nouveau paradigme, alors que Citroën qui s'est trouvé prisonnier des banques a été conduit à la faillite en 1935.

La genèse du système téléphonique est décrite dans la première partie de Phan (1996) qui combine la narration avec des éléments d'analyse économique. Nous ne reviendrons pas ici sur le rôle moteur de la concurrence, qui a largement été repris des travaux de Mueller (1993), et nous limiterons ici à reprendre les principaux arguments de la section 1.1.2. pages 331-334.

B - Du modèle télégraphique au modèle pyramidal téléphonique : une analyse économique

En 1894, le brevet déposé par Graham Bell en 1876, grâce auquel Bell system a pu rester 18 ans en situation de monopole, tombe dans le domaine public. La pénétration téléphonique est alors très faible¹⁵⁷. La concurrence va se développer rapidement et dès 1907, le Bell system contrôle moins de 50% des lignes téléphoniques¹⁵⁸. Par contre, sa position reste prépondérante dans le domaine de la transmission interurbaine¹⁵⁹. Les dirigeants d'AT&T, en particulier Théodore N.Vail¹⁶⁰, ont en tête le modèle de développement du service télégraphique. La Western Union, où Théodore Vail avait travaillé dans les années 1860-70, était parvenue à dominer le marché du télégraphe en déployant un réseau interconnecté au niveau national. Par ce moyen, cette compagnie était parvenue à isoler, puis à éliminer ses rivaux (Thomson, 1947). Il s'agit donc pour nous d'une forme de *vision*, fondée sur *une composition originale de représentations* à la fois *tournées vers le passé* et caractérisées par du *mimétisme intersectoriel*. En suivant cet axe stratégique, AT&T se lance dans une politique de rachat des réseaux indépendants, tout en *prônant l'émergence d'un réseau unique en situation de*

¹⁵⁷ Environ 250 000 postes étaient installés, ce qui représente moins de 1 % de la population des Etats-Unis. Le taux moyen de croissance annuelle du nombre d'abonnés est de l'ordre de 5 %.

¹⁵⁸ A cette date le Bell System reste en situation de monopole local sur 41% des 1000 plus grandes villes américaines. Les indépendants sont dans une situation similaire dans 140 villes, et le reste, soit 45% est desservi par au moins deux réseaux en concurrence (Mueller, 1993).

¹⁵⁹ A ses débuts, le téléphone avait un usage uniquement local, et n'était donc pas réellement en concurrence avec le télégraphe qui transmettait de l'information écrite sur les longues distances. Pour développer les liaisons interurbaines, le Bell system crée en 1885 une filiale spécialisée, *American Telegraph and Telephone (ATT)*. Comme les recherches internes n'aboutissaient pas, ATT achète un brevet déposé en 1900 par Michael Pupin qui permet de corriger l'atténuation du signal grâce à des bobines de charges placées à intervalles réguliers sur le réseau, et donc d'offrir un service interurbain.

¹⁶⁰ Celui-ci reprend la direction d'ATT en 1907, à la demande de la banque Morgan, qui contrôle AT&T.

monopole, ce qui fait l'objet d'une campagne d'opinion dès 1907 : « *One Policy, One System, Universal Service* ». AT&T fonde donc son développement sur le ralliement des indépendants, par des prises de participations et des contrats de licences, conditions préalables à leur interconnexion.

Pour cette raison, on peut dire que les principes d'*unité* et d'*intégrité* qui ont longtemps gouverné l'organisation des réseaux téléphoniques trouvent des justifications techniques, économiques et politiques dans la trajectoire initiale des firmes et dans les formes de la compétition technologique entre AT&T et ses rivaux. Cela c'est traduit progressivement par la mise en place d'une *architecture de réseau spécifique* : le modèle *pyramidal intégré*. Celui-ci place la recherche des rendements d'échelle ainsi que l'optimisation et la sécurisation des capacités d'acheminement au centre de la dynamique de l'innovation. Il s'agit là fondamentalement d'innovations de process, contrôlées par les ingénieurs qui ont en charge le réseau, en particulier la catégorie la plus prestigieuse, celle des « transmetteurs ». Le principe *d'intégrité du réseau*, crucial dans la stratégie relationnelle d'A.T.&T, est un élément fondamental sur lequel repose l'économie de la diffusion du service téléphonique. Ce principe, qui gouvernera les choix stratégiques et institutionnels d'AT&T, jusqu'en 1984, restreindra pendant toutes ces années les opportunités d'innovation de produit, contribuant ainsi, à terme, à son propre dépérissement.

Le processus d'émergence de l'organisation technico-économique du système téléphonique peut être interprété comme un phénomène contraint par le sentier. Les premiers choix technologiques et la nature de la concurrence, conditionnée par les externalités de réseaux, ont contribué à réduire progressivement les opportunités technologiques autour d'un axe spécifique, construit progressivement sous l'effet cumulé des choix antérieurs. La technologie d'acheminement initiale repose uniquement sur l'emploi de main-d'oeuvre (l'opératrice). Elle se caractérise donc par des *rendements d'échelle décroissants*, qui favorisent les petites unités, et donc la concurrence. *L'organisation hiérarchique du réseau* permet alors d'économiser à la fois sur le nombre de lignes de transmission (par une topologie appropriée du réseau, sur moyenne et longue distance) et sur la commutation. Cette architecture hiérarchique engendre cependant des économies d'échelle, dont les effets économiques sont renforcés par l'externalité de « club » qu'A.T.&T utilise pour conforter sa stratégie. La direction d'AT&T refuse, en effet, l'interconnexion libre aux indépendants et plaide pour une structure de marché monopoliste au niveau de l'interurbain comme préalable à l'interconnexion. Le rapport annuel de 1908 insiste sur le rôle du nombre d'abonnés dans la détermination de la valeur du

réseau . Pour cette raison, alors que l'interconnexion obligatoire sans contrepartie spécifique devient une revendication de certains indépendants, Vail (le patron d'AT&T) la refuse, et soumet l'interconnexion à un accord spécifique : pour ce dernier, une interconnexion sans contrepartie est déloyale, car elle permet à un réseau de petite taille de bénéficier de la possibilité de joindre tous les abonnés du Bell system sans offrir une contrepartie équivalente. Une telle interconnexion se ferait au détriment du réseau le plus étendu, « *ce qui équivaldrait à légaliser son expropriation* » (rapport annuel AT&T 1910, p.44-46, cité par Mueller). Selon cette vision, les abonnés d'un réseau représentent en quelque sorte son « *fond de commerce* », et la capacité du Bell System à offrir une connexion avec grand nombre d'interlocuteurs potentiels, représente un avantage concurrentiel sur ses concurrents.

Enfin, *les deux effets conjugués des rendements d'échelle et de l'externalité de « club » représentent un avantage compétitif déterminant pour AT&T, qui jouent en défaveur de la concurrence.* Comme le réseau est dédié au seul service téléphonique, ils conduisent à une structure de monopole naturel pour le réseau interurbain interconnecté. Le principe hiérarchique peut être considéré comme un des éléments fondateurs de « *l'ancien régime* » de croissance des services de télécommunications. L'architecture hiérarchique des réseaux de télécommunications représente, aujourd'hui encore, une caractéristique essentielle des réseaux téléphoniques publics.

En conclusion, la construction *d'un pouvoir de marché* par *l'opérateur interurbain* résulte de l'association de l'effet de club, qui augmente avec l'interconnexion des réseaux locaux réalisée sous son contrôle, et de la recherche, par des innovations de processus, de rendements d'échelle croissants dans le réseau. La phase initiale de développement du réseau révèle la situation paradoxale de cette forme de concurrence. Les enseignements de l'histoire sont cohérents sur ce point avec les résultats des modèles de l'économie industrielle. La concurrence en prix, qui fonde la vitesse de développement initiale du réseau, est d'autant plus intense que les acteurs ne pensent pas devenir compatibles (ici interconnectés) dans un futur proche. L'absence d'obligation d'interconnexion a donc des effets temporairement contradictoires : elle augmente le pouvoir de marché de la firme qui interconnecte le plus grand nombre de réseaux locaux, mais exacerbe la concurrence, ce qui a pour effet d'accélérer le développement du réseau. La baisse des prix joue comme un processus sélectif qui réduit progressivement le nombre d'entreprises autonomes. Plus la concurrence sera intense, plus rapide sera sa disparition.

2.1.2. La représentation stylisée du « mode de développement sectoriel » de : « l'ancien régime » des télécommunications¹⁶¹.

Après avoir discuté des questions d'émergence d'une structure technico-industrielle, la présente section applique l'approche des *régimes de développement sectoriel* au cas des télécommunications. On considère dans un premier temps une dimension paradigmatique très unifiée (imposée par l'avance technologique des USA), fondée sur des représentations et des technologies (électromécanique / analogique / hiérarchique) qui structurent le régime sectoriel (Phan, Bavay, 1994). On décrit ensuite la spécificité relative des systèmes nationaux liés à des classes de dispositifs institutionnels différenciés, mais regroupés mondialement au sein d'une organisation coopérative, l'Union Internationale des Télécommunications. On résumera enfin les caractéristiques génériques qui fondent la *cohérence interne*, de « l'ancien régime » des télécommunications par un assemblage spécifique des formes organisationnelles, institutionnelles, et du paradigme technologique qui sous-tend les représentations et les conventions en vigueur. Ces caractéristiques forment un *système stable* qui se traduit par un *régime de développement sectoriel* spécifique pour les services supportés par les réseaux.

A -Unité du paradigme technologique, diversité relative des dispositifs institutionnels nationaux

Une caractéristique forte du secteur des télécommunications, à l'issue de la phase « pré-paradigmatique », réside dans l'émergence d'un *modèle technologique générique unique*, fondé sur le développement progressif d'un *réseau « universel »*, *hiérarchisé, et unifié mondialement* par l'interconnexion des réseaux, réalisée de manière coopérative, sous la direction des Etats. Dans ce cadre, les trajectoires technologiques sont orientées sur la recherche d'économies d'échelle dans la transmission, et sur la minimisation des coûts d'acheminement (gestion de la matrice logique des connexions), grâce au développement de techniques d'acheminement économes en liaisons point à point. A l'intérieur du cadre commun, qui résulte de l'unité paradigmatique, subsiste cependant un certain degré de spécificité nationale des dispositifs institutionnels, que l'on peut regrouper autour de *trois grandes variantes institutionnelles* : le modèle du marché régulé (nord américain), le modèle

¹⁶¹ Pour l'essentiel, cette sous-section reprend des éléments (marginalelement remaniés) des sous-sections 1.1.3. et 1.2.1 de Phan (1996) p. 334-342.

hiérarchique-étatique (au Japon et en Europe), et le modèle de la concession à une firme étrangère (caractéristique des pays latino-américains).

Le *modèle nord-américain* se caractérise par la présence d'un opérateur privé dominant qui a le monopole de l'interurbain, mais où il subsiste d'autres opérateurs de réseaux indépendants en monopole local interconnectés avec le réseau d'AT&T. La régulation est assurée par des institutions administratives qui se rattachent à l'ordre judiciaire (FCC aux USA depuis 1934)¹⁶².

Dans le *modèle européen*, l'Etat contrôle directement l'opérateur de télécommunications, soit à travers l'Administration des Postes, soit à travers une entité publique séparée de la Poste. Dans certains cas, des réseaux urbains indépendants subsistent un certain temps.

L'expérimentation privée, généralement sous le régime de la concession temporaire, reste la forme institutionnelle dominante jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Elle laisse ensuite progressivement la place à un régime de monopole sous contrôle étatique, sauf en Espagne, où I.T.T. obtient une concession pour l'ensemble du réseau de 1925 jusqu'à la nationalisation en 1946. Dans certains pays, des réseaux sous monopole local privé ou municipaux subsistent, de plus en plus marginalement, dans certaines zones comme aux Pays-Bas jusqu'en 1938, en Italie jusqu'en 1958 et en Suède jusqu'en 1968. Au Royaume-Uni, le Post Office se trouve en situation de monopole dès 1912, mais la ville de Hull conserve encore aujourd'hui la gestion indépendante de son réseau. Ainsi, la gestion directe par l'administration d'Etat devient le mode d'exploitation le plus fréquent entre les deux guerres, en particulier en ce qui concerne le réseau interurbain¹⁶³.

¹⁶² Au Canada, le principal opérateur, Bell Canada, est contrôlé dès l'origine, en 1880, par la Bell Telephone Company. Le principal équipementier a été créé par Bell Canada en 1895, et deviendra la Northern Electric Company Limited en 1914. AT&T est alors titulaire de 45% des parts. Par la suite, les réseaux interurbains des Etats-Unis et du Canada forment un ensemble cohérent et ordonné. A la différence d'AT&T, cependant, Bell Canada ne contrôle pas le réseau interurbain. Les premières liaisons interurbaines avaient été établies par AT&T Long Lines, et les opérateurs locaux canadiens ont créé une *structure coopérative* pour développer les liaisons de longues distances à partir de 1931.

¹⁶³ On peut distinguer les pays qui ont une structure commune Poste - Télécommunications (comme la France, l'Allemagne, la Suisse et les Pays-Bas) et les pays qui ont une structure propre aux télécommunications (Belgique, Suède, Italie, Espagne, Grèce) (Libois, 1983).

Les cas italiens et suédois peuvent être considérés comme différentes formes hybrides entre le modèle nord-américain et le modèle européen. En Allemagne, l'exploitation du téléphone a été pris en charge par l'Etat, dès 1881 pour des raisons politico-militaires. Le cas du Japon, où l'Administration et la police ont été les premiers utilisateurs du téléphone, à partir de 1878 peut être rapproché de celui de l'Allemagne. Il faut attendre 1890 pour qu'un service soit ouvert au public. Ce service est assuré par une entité administrative unique qui gère à la fois la poste, le télégraphe et le téléphone, jusqu'en 1949, où est créé un ministère distinct pour la poste. Un opérateur public, N.T.T., est créé en 1952, mais il reste soumis à un strict contrôle du gouvernement¹⁶⁴.

Contrairement aux pays les plus développés, il existe peu d'informations synthétiques sur le déploiement des réseaux dans les pays en développement. Numba Um (1997) nous propose une analyse originale, fondée sur l'exploitation de documents d'archives. Il constate, dans les pays colonisés, que l'évolution des réseaux téléphoniques dans les possessions coloniales a largement suivi le modèle des métropoles de rattachement. Les Administrations coloniales se sont appuyées sur des concessionnaires privés, qui ont ensuite été repris en exploitation directe par les Pouvoirs Publics locaux. Cependant, ces monopoles locaux ne remettent pas en cause les conditions d'exploitation des communications internationales, comme par exemple le réseau transocéanique de Cable & Wireless (qui est nationalisé par les Britanniques en 1946) ou la SUDAM, à qui est concédée l'exploitation des liaisons entre la France et ses colonies¹⁶⁵.

Le cas de l'Amérique Latine est sensiblement différent. Certains pays, comme l'Argentine ont alors un niveau de développement comparable à celui des pays d'Europe du Sud. Par contre, il existe une large pratique de financement extérieur pour la construction des infrastructures. Les Etats multiplient les concessions à des compagnies privées, assorties d'importants avantages financiers et fiscaux. L'exploitation des réseaux téléphoniques est concédée en monopole local à des exploitants publics ou privés. Dans la configuration la plus fréquente, un concessionnaire privé étranger, généralement I.T.T., domine largement le marché. On peut

¹⁶⁴ Par contre, les télécommunications internationales sont confiées dès 1953 à un opérateur privé, la Kokusai Denshin Denxa Company (K.D.D.).

¹⁶⁵ De nos jours, encore, un certain nombre de liaisons entre pays africains transite encore par la France. Numba Um souligne également l'existence d'une tutelle dichotomique pour les réseaux : le Ministère des PTT pour les liaisons internationales et l'Administration coloniale pour les réseaux locaux.

rattacher l'Espagne d'avant 1946 à ce « *modèle latino-américain* ». Noumba Um, (1997) souligne la proximité de ce dernier avec le modèle nord-américain, tout en constatant que les pays latino-américains n'ont su ni développer leurs réseaux, ni développer une compétence en matière de contrôle - régulation du marché, comme en Amérique du nord.

Dans tout les cas, l'appartenance à l'une des variantes institutionnelles et la déclinaison nationale autour du modèle générique résulte des spécificités politiques et sociales nationales. Pour Chandler (1977) la situation américaine résulte largement de la faiblesse des institutions, affaiblies par la coexistence de plusieurs niveaux de décision. Ce sont également les opérateurs eux-mêmes qui ont réclamé une intervention des Pouvoirs Publics (Simon, 1991). En Europe, la prise de contrôle du réseau par les Etats résulte à la fois de considérations politico-stratégiques, en particulier des raisons militaires, et de la tradition centralisatrice des Pouvoirs Publics. En Amérique Latine et en Espagne, le recours à un opérateur étranger résulte de la nécessité d'une assistance technologique et surtout financière. On retrouve ces motivations lorsque l'on considère les processus de privatisations dans les pays de l'ancien bloc soviétique ou dans les pays en développement. Noumba Um (1997) qualifie le modèle nord américain de « Bottom-Up » ; il favorise l'approche par le marché. Les Pouvoirs Publics supervisent et stimulent l'initiative privée. La multiplicité des niveaux de décision pose des problèmes complexes de coordination. Le modèle européen est qualifié de « Top Down ». Il favorise une approche hiérarchique et planifiée et pose surtout des problèmes de coordination verticale de type bureaucratique.

Dans ce contexte, dans chaque pays, le « régime de développement » du service téléphonique dépend à la fois des caractéristiques génériques et des spécificités nationales, que ce soit en matière de cadre institutionnel, ou de formation de la demande. Les éléments de cohérence proviennent de l'unicité du paradigme technologique sous-jacent, porté par l'extension internationale des firmes américaines, Bell et I.T.T.. Les spécificités reflètent les différentes traditions des formations politiques et sociales nationales. Les conditions économiques de la persistance de ces différences, malgré l'unicité du paradigme technologique, résultent de l'existence d'un contrôle étatique associé à la fermeture relative du marché national des services téléphoniques.

B - L'ancien régime de développement sectoriel des réseaux téléphoniques : caractéristiques génériques et spécificités nationales.

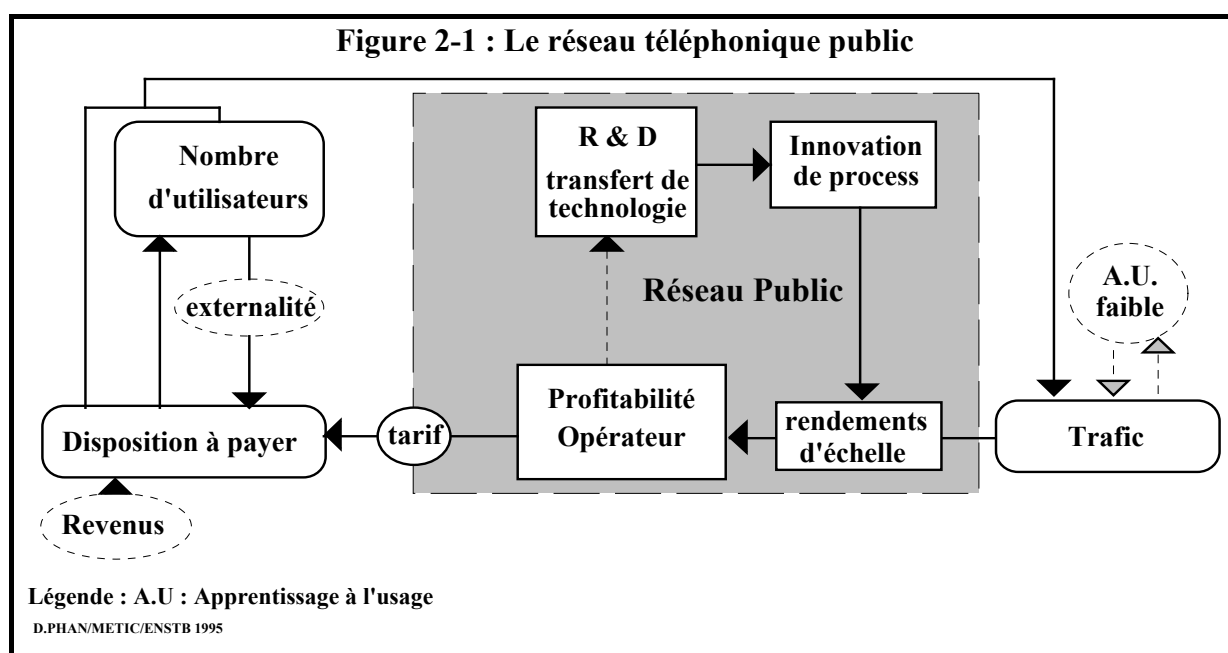
Le régime de développement du réseau peut ainsi être décomposé en un régime de demande, caractérisé par une *externalité de club* associé à des principes de répartition implicitement redistributifs entre catégories d'usagers (Curien, de la Brunetière, 1984), et un régime d'offre fondé sur des rendements d'échelle croissants, permis par l'organisation hiérarchique du réseau associé à des techniques de multiplexage et d'optimisation de la matrice d'acheminement sous contrainte d'externalité d'encombrement. L'organisation de la recherche est basée sur des entités nationales intégrées (ou quasi intégrées) verticalement qui engendrent un processus d'innovation linéaire par R & D « systématique »¹⁶⁶, centrée sur l'amélioration des processus. Au niveau du paradigme technologique, l'organisation du réseau est hiérarchique, fondée sur l'unicité et l'intégrité du réseau (*réseau fermé/système propriétaire*), et la technologie électromécanique/analogique. Au niveau de l'organisation du travail, le modèle taylorien de division du travail, hiérarchique et centralisé, domine, y compris chez les travailleurs qualifiés et les ingénieurs, chez qui il existe une activité plus « noble » : la transmission.

Les services de télécommunications s'organisent sur le principe du *réseau dédié* (téléphone, télex, télégraphe), *en situation de monopole local* (géographique). Ce principe général n'empêche pas la multiplicité des déclinaisons nationales que ce soit au niveau de la nature des monopoles « locaux » (publics ou privés, réseaux nationaux, régionaux ou même municipaux, séparation national / international etc.) ou au niveau des formes d'intervention de l'Etat (contrôle direct, ou par une institution plus ou moins indépendante), comme cela a été souligné. Il en résulte une multiplicité des profils de développement des réseaux téléphoniques. Le principe de *service universel* entraîne généralement la mise à disposition du service à un tarif unique sur le territoire de référence. Ici également, des déclinaisons locales existent, par exemple au niveau des règles de raccordement (avance remboursable), ou de

166 Quelin (1992) souligne le rôle joué par les formes organisationnelles de coopération dans le changement de paradigme et la diversité des trajectoires technologiques que cela entraîne. Ces formes de coopération sont diverses. Elles vont de la *joint-venture* dans une filiale commune créée à cet effet, comme pour Northern Telecom/Bell Canada et Ericsson/Televerket, à la quasi-intériorisation de la R & D chez l'opérateur, comme cela s'est produit en France au CNET. La nature même de la répartition des savoir-faire dans la relation entre l'équipementier et le constructeur importe pour le succès de la coopération.

l'usage local (comme les *flat rate*, aux U.S.A. qui comprennent des communications locales gratuites avec l'abonnement).

Les réseaux publics sont des *systèmes propriétaires* fermés, dédiés à un service unique, avec des spécificités nationales. Dans ce contexte, la normalisation est un moyen pour obtenir des économies d'échelle dans la production industrielle grâce à l'augmentation de la base installée de chaque nouvelle technologie hors des frontières nationales. Comme il n'y a pas de concurrence entre pays dans le domaine du service, la normalisation permet de faire décroître le prix des équipements, en créant des marchés captifs pour atteindre une masse critique. La fourniture d'un service homogène sur la base de cette normalisation ne pose pas problème, puisque les opérateurs nationaux ne cherchent pas à différencier leurs produits pour améliorer leur avantage concurrentiel, ce qui facilite les transferts de technologie. Les principes économiques qui gouvernent la cohérence interne du régime de développement du service téléphonique sont schématisés figure 2-1, et commentés dans les deux paragraphes suivants.



L'organisation de la recherche est basée sur des entités nationales intégrées (ou quasi intégrées) verticalement qui engendrent un *processus d'innovation linéaire* par R & D « systématique ». Les innovations incrémentales sont centrées sur le processus de production du service, et visent à l'amélioration des capacités de transmission et de la qualité du système (optimisation, sécurisation, plan d'acheminement). Ces innovations permettent une baisse des coûts, liée à l'extension des *rendements d'échelle* et à l'amélioration de l'optimisation des systèmes. Cette baisse permet une amélioration cumulative de la profitabilité des opérateurs, grâce à une diminution des tarifs, qui favorise l'augmentation de l'usage et le développement

du réseau. Ce *développement* se trouve *auto-renforcé par l'effet de club*, qui se traduit, statistiquement, par une hausse de la disposition à payer des individus avec la taille du réseau.

Le principe central de développement de la demande, et donc l'élargissement des économies d'échelle pour l'opérateur, réside également dans la *solidarité financière* entre petits et gros usagers ce qui permet, par des subventions provenant d'une sur-tarification de l'usage, l'entrée dans le réseau d'abonnés dont la disposition à payer pour le raccordement au réseau est inférieure au coût moyen effectif de ce raccordement. L'ampleur de cette solidarité financière dépend, en l'absence de concurrence, de la volonté des Pouvoirs Publics nationaux. Finalement, la disposition à payer dépend également du revenu individuel, caractéristique que l'on retrouve au niveau agrégé avec la courbe de « Jipp », qui établit une liaison statistique entre la richesse par tête et le taux de pénétration téléphonique (Jipp, 1963 ; Benzoni Verlynde 1990). Dans ce régime de développement, les apprentissages chez l'utilisateur sont faibles, l'innovation est tirée par la technologie et par la recherche d'innovations de process, principalement dans la transmission : cette période se caractérise principalement par des trajectoires "technology push". C'est donc l'engagement des Etats et la richesse nationale, qui expliquent largement, en dernier ressort, les différences nationales, dans cet « ancien régime » de développement des réseaux téléphoniques (cf. Encadré 1 p.342 dans Phan, 1996).

2.2. Numérisation, libéralisation, ouverture des réseaux et changements structurels dans l'industrie de la commutation publique

2.2.1. Le « paradigme numérique » dans les TIC

La notion de « *paradigme numérique* » a été introduite¹⁶⁷ à propos des télécommunications dans Brousseau, Petit, Phan (1996) et Phan (1996), puis étendue à l'ensemble du secteur des TIC dans Dang Nguyen, Petit, Phan (1997), Dang Nguyen, Phan (1997, 1998, 2000). La numérisation de l'information est porteuse de ce nouveau paradigme associé aux techniques informatiques qui en constituent le support générique. Elle offre des opportunités de transformation radicales dans les secteurs fournisseurs de moyens (télécommunications, informatique) ou producteurs de contenus (audiovisuel, édition écrite et musicale etc.). Son rythme de développement est dépendant des performances des composants microélectroniques, dont le paradigme spécifique a été décrit par Dosi (1984). Dans les

¹⁶⁷ Pour une généalogie des travaux inédits sur ce thème, cf. Brousseau, Petit, Phan (1996) note 1 § 1.1 page 14.

travaux sous revue, « *paradigme numérique* » désigne la nouvelle « *matrice structurelle* » caractéristique de ces industries. Même si un certain nombre de caractéristiques semblent déjà stabilisées, une telle matrice est encore en gestation. Suite à la numérisation de l'information, les transformations structurelles et sociales qui affectent ces industries sont généralement désignées comme les effets de la diffusion du paradigme numérique.

Dans les télécommunications, le glissement vers un « *paradigme numérique* » est intervenu progressivement. Il a été induit par deux innovations radicales : la numérisation de la transmission qui s'est produite dans les années cinquante et soixante, puis la numérisation de la commutation survenue dans les années soixante-dix. La numérisation n'a pas seulement représenté pour les télécommunications une *innovation de procédé*, c'est-à-dire une amélioration de la façon de produire le service téléphonique, sans que celui-ci ne subisse de changement majeur. La numérisation est aussi et surtout une *innovation de produit*. Elle a permis d'utiliser les réseaux de télécommunications pour relier les ordinateurs, ouvrant de larges perspectives à la *transmission de données* qui ont été concrétisées dans Internet.

A - La numérisation du signal

La numérisation du signal est apparue dans les années cinquante dans le domaine de la transmission. Elle consiste en un codage binaire de l'information (0 ou 1), ou « *bits d'information* ». Le signal est d'abord échantillonné à intervalles réguliers, puis la mesure ponctuelle ainsi obtenue est codée de manière binaire. La numérisation de la transmission permet d'améliorer considérablement la qualité des signaux transmis et d'accroître la capacité (en nombre de canaux virtuels) des supports. Comme innovation de processus, la numérisation de la transmission reste cohérente avec la logique de l'ancien paradigme, où l'amélioration des performances en transmission constituait l'activité la plus valorisée pour un ingénieur des télécommunications. Mais, dans la mesure où elle est d'abord numérisation du signal, cette innovation peut être aussi perçue (*a posteriori*) comme une innovation de produit, potentiellement porteuse de contradictions importantes pour la logique de l'ancien régime.

Une fois numérisé, un signal devient des données et la séparation réglementaire entre les services vocaux – soumis au monopole - et les services informatiques de données – qui relèvent de la concurrence – n'est plus fondé que sur le contenu puisque le contenant est le

même dans les deux cas (un signal binaire¹⁶⁸). Cette remarque n'est pas neutre pour l'organisation industrielle du système ou pour la direction de l'innovation. En ce qui concerne la téléphonie vocale d'abord, on remarquera que des gains importants en capacité de transmission sont permis par les technologies de *compression*¹⁶⁹. Selon la logique de l'ancien régime des télécommunications, l'opérateur de réseau devrait être le seul à pouvoir tirer parti de cette innovation. Dans cette configuration, l'opérateur contrôle seul la distribution du surplus associé à cette technologie. Mais dans les années soixante dix (aux Etats Unis) et quatre vingt (en Europe), le marché des équipements terminaux se libéralise. Le marché des services de données lui emboîte alors rapidement le pas.

On a déjà mentionné au chapitre I comment la *numérisation du signal*, parce qu'elle transforme la voix en données, est techniquement contradictoire avec le compromis passé entre AT&T et la FCC dans les années cinquante qui stipule que l'informatique et le traitement des données relève d'un régime de concurrence, alors que la téléphonie vocale bénéficie de la protection du monopole (régulé). Dès que le service des équipements terminaux est libéré, les utilisateurs ont ainsi la possibilité matérielle de profiter des technologies de compression à leur avantage. C'est en fait une barrière de nature réglementaire qui empêche les opérateurs de réseaux de données d'offrir des services téléphoniques ouverts au public.

Plus généralement, la commutation de circuit n'est plus le seul moyen d'acheminer des données à contenu vocal d'un point à un autre, comme le montre aujourd'hui la téléphonie sur Internet. Dans ce réseau, les fonctions d'acheminement sont assurées par des routeurs qui

¹⁶⁸ Aux Etats Unis, pendant plus de dix ans, les autorités cherchèrent ainsi une impossible séparation entre les services de télécommunications et les services de données. « *En 1970, Computer I, établit une règle de séparation « maximale »: un opérateur de télécommunication ne pouvait fournir des services de traitement de l'information qu'au travers d'une filiale distincte. La F.C.C. tenta aussi de classer les services en cinq catégories, dont l'appartenance devait dépendre de l'utilisation principale du service mais la rapidité des innovations vida rapidement ce travail de son sens. Dès 1976, elle annonça donc son intention de réviser Computer I. Plus pragmatique, la décision Computer II (1980) opposait des services «de base», et des services «améliorés» (enhanced). Les premiers devaient être réglementés, les seconds ouverts à la concurrence. Les obligations de séparation structurelle entre activités réglementées et concurrentielles se sont révélées inefficaces pour les clients et coûteuses pour les opérateurs. Ces derniers ont donc fait pression sur la F.C.C. pour qu'elle révisé ces dispositions* » (Brousseau, Petit, Phan, 1996, Encadré 6 p.37)

¹⁶⁹ Celles-ci consistent à ne garder et transmettre, dans un signal ou un fichier, que les informations non redondantes, ce qui assure une économie du débit de transmission et limite l'encombrement des canaux

peuvent être localisés chez les clients. Dans un scénario extrême, si l'on supprime les protections réglementaires, l'opérateur de télécommunication peut être réduit à ne fournir que des capacités de transmissions. Si l'on fait ici abstraction des problèmes techniques de qualité et du poids des habitudes dans les usages (deux problèmes solvables dans le temps), c'est l'ensemble des éléments de l'ancien régime des télécommunications qui se trouve à terme menacé.

B – La numérisation de la commutation et l'ouverture des réseaux.

Un commutateur est un dispositif formé de deux fonctions : la *connexion* et la *commande*. La première permet d'établir une liaison temporaire pour acheminer la communication vers le destinataire en réservant un circuit à cet effet. La seconde assure des fonctions de gestion des appels (envoi des tonalités, comptage du trafic, facturation à l'abonné) et de supervision de l'acheminement. Avec la numérisation, les commutateurs sont devenus des ordinateurs spécialisés. Ils peuvent maintenant offrir de nombreux services liés aux fonctions de gestion et de supervision (renvoi d'appel, appels multiples, identification de l'appelant, reroutage de l'appel, services de tarification personnalisés, réseau privé virtuel pour les entreprises etc.)

La numérisation de la commutation s'est déroulée en deux temps. Les équipementiers publics ont d'abord numérisés la commande¹⁷⁰. Avec la « *commutation temporelle* », les relais de connexion ont été remplacés par des liaisons « virtuelles ». La matrice de connexion est ainsi constituée d'un ensemble de chemins entre deux adresses (celle de la ligne et celle de l'artère) au sein d'une mémoire d'ordinateur : ces deux adresses s'échangent l'information codée qui constitue le contenu du message à transmettre. Ce progrès technique a nécessité, de la part des opérateurs de réseau, l'acquisition de compétences informatiques nouvelles. Des économies d'association potentielles sont ainsi apparues entre les activités de télécommunication et les services de traitement de l'information (Curien, Gensollen, 1992). Mais surtout, la numérisation a facilité la séparation entre les fonctions d'administration et de contrôle (*ie.* la commande) et de transport de l'information.

L'évolution vers les *réseaux intelligents* illustre bien cette évolution. Il s'agit là d'une *architecture modulaire du réseau* où certains éléments sont reconfigurables à la demande. Commande et transport de l'information y sont séparés, la première est elle-même subdivisée

¹⁷⁰ On parle alors « d'*électronique spatiale* » puisque les connexions sont toujours assurées par des relais.

en modules spécifiques qui rendent la fourniture du service indépendante de l'infrastructure¹⁷¹. Les premiers réseaux intelligents ont été mis au point par les constructeurs d'équipement (*Western Electric* notamment) sur une base propriétaire. Mais la conception modulaire des programmes de commande et des matrices de connexion, a ouvert la voie à une définition « ouverte », fondée sur des interfaces standardisées, qui permet également un élargissement de la concurrence.

Avec l'architecture de réseau intelligent, on spécialise un seul équipement du réseau dans la gestion d'un service. On peut ainsi économiser les ressources logicielles nécessaires à la fourniture de services avancés et fournir une gestion plus intelligente du réseau. Si un opérateur conserve le monopole sur ce type de prestation, son avantage concurrentiel en sort renforcé. Si à l'inverse la concurrence s'instaure, la conception modulaire des fonctions de commutation, la séparation entre transport et signalisation peuvent permettre à un concurrent d'avoir accès aux ressources réseaux de l'opérateur, dans des conditions similaires à celui-ci. Un opérateur concurrent peut ainsi offrir ses propres services : la signalisation séparée et normalisée lui fournira les éléments nécessaires à l'accomplissement de son propre service.

C- Le paradigme numérique dans les TIC

En ce qui concerne les contenus, la numérisation unifie le *support de l'information* entre informatique, télécommunications et audiovisuel. Ce faisant, elle a contribué à modifier les conditions matérielles de reproduction, de stockage et de fourniture de contenus numérisables. Cette dernière caractéristique soulève des questions institutionnelles particulièrement importantes, puisque les coûts marginaux correspondants tendent à devenir négligeables, même avec la meilleure qualité de reproduction disponible. D'un point de vue purement technique, logiciel, films ou musiques peuvent donc être librement échangés. Dans la mesure où leur cession par un individu à un tiers sous forme de copie ne l'empêche pas d'en conserver l'usage, ils deviennent des biens « *non rivaux* ». Seule une protection juridique contre la copie peut organiser la rareté en rendant les échanges gratuits illicites. Ceci pose problème, comme on le verra plus loin (§ 2.3.3.)

¹⁷¹ L'Architecture de réseau intelligent optimise l'usage des infrastructures physiques. Elle permet aussi de fournir des services adaptés aux besoins spécifiques des clients. Elle contribue également à différencier les services et donc à réduire la pression concurrentielle. et constitue à ce titre un élément clef pour la compétitivité de l'opérateur. Elle offre enfin une interface entre fournisseur de services et clients, fonction clef pour la création de valeur ajoutée, dans un environnement ouvert.

Du point de vue de l'organisation industrielle, l'informatique, les télécommunications et l'audiovisuel ont connu des évolutions structurelles parallèles, parfois similaires, que l'on peut décliner en deux vocables : ouverture et la déstructuration.

Dans les télécommunications, comme nous l'avons vu, la numérisation progressive du signal et des traitements nécessaires à son acheminement constitue une première étape vers une connectivité généralisée dans les réseaux. L'ouverture des réseaux de télécommunications et des systèmes informatiques suppose une compatibilité des composants élémentaires, rendue nécessaire par l'objectif final de connectivité généralisée.

Dans l'informatique, alors que les *systèmes de l'ancien régime* étaient caractérisés par des *architectures et des systèmes d'exploitation propriétaires*, les *systèmes ouverts* s'imposent peu à peu : dès lors que des interfaces standardisées permettent de les interconnecter entre eux, les éléments matériels et logiciels d'un système informatique peuvent être fournis par plusieurs offreurs. C'est typiquement sur ce principe que fonctionnent les réseaux d'Internet (§ 2.3.3). De la même façon, dans les télécommunications, les normes d'interconnexion sont définies de plus en plus par des autorités indépendantes des exploitants qui veillent au respect de l'obligation d'interconnexion entre réseaux et services concurrents et/ou complémentaires.

La numérisation de la télédiffusion est un phénomène plus récent qui trouve d'abord sa traduction dans un bouleversement des conditions de transport de l'information. Les images numérisées peuvent être comprimées, ce qui diminue de manière drastique le volume de l'information à transporter. Corrélativement, les fournisseurs de programmes peuvent arbitrer entre le nombre de programmes et leur qualité. Malgré tout, à terme, la diffusion - caractéristique actuelle de l'audiovisuel - devrait laisser place à l'interactivité, typique de l'informatique et des télécommunications.

En résumé, se met en place progressivement une convergence fonctionnelle, entre réseaux informatiques, réseaux de télécommunications et, plus tard, les réseaux de télédiffusion, caractérisée par l'ouverture, la déstructuration, l'élargissement de la bande passante et une offre diversifiée de réseaux et de services interconnectés. Pour autant, le rythme de diffusion du paradigme technologique dépend aussi de facteurs locaux d'adoption qui expliquent que, par exemple, le taux de diffusion d'Internet dans les pays scandinaves est bien plus élevé qu'en Europe du Sud. La notion de « *systèmes nationaux d'innovation* » sert précisément à rendre compte de l'incidence des contextes institutionnels et structurels locaux sur *la diffusion du paradigme numérique*. On notera enfin que les conditions de cette diffusion et ses

modalités ne sont pas indépendantes de processus distincts, en partie autonomes, mais finalement interdépendants, comme les processus de libéralisation des télécommunications et de l'audiovisuel, ou les conditions de protection des contenus numérisables (droits d'auteur, brevets..), comme on va le voir par la suite

2.2.2. Un survol de la libéralisation au Royaume Uni et de quelques unes de ses conséquences en Europe

On doit distinguer le processus de libéralisation aux U.S.A. et en Europe. Aux Etats Unis, c'est principalement sous la pression de la concurrence et accessoirement des utilisateurs que le compromis institutionnel passé en 1934 et renouvelé dans les années cinquante a volé en éclat. Dans ce processus technologie et libéralisation sont fortement imbriquées. Chaque nouvelle technologie a été le prétexte d'un contentieux avec la FCC, à commencer par la demande faite par MCI pour établir une liaison hertzienne terrestre entre Chicago et Saint Louis. Bien entendu, la venue au pouvoir de Ronald Reagan a certainement accéléré le processus, mais on ne peut pas dire que l'élection de Carter ait changé la direction prise. En Europe, la demande initiale était très faible, et le processus de libéralisation a largement résulté de la conjonction de la volonté politique de Margaret Thatcher, et de l'action de quelques activistes à Bruxelles. Une fois engagé, le processus, qui avait provoqué un certain nombre de résistances à la fin des années quatre vingt a finalement emporté l'adhésion d'une majorité d'acteurs qui se sont accordé pour poursuivre le processus jusqu'à une quasi complète libéralisation du marché autour pour le début du XXI^e siècle.

Bien entendu, la libéralisation des télécommunications doit également être considérée comme une partie d'un grand ensemble qui concerne d'autres secteurs d'utilité publique comme le Transport aérien (Pavaux 1984) ou l'électricité (Glachant, 2000). Les travaux qui sont présentés ici (du moins ceux qui ont été publiés après 1996) ont pris une autre direction en insistant plus particulièrement sur les relations entre la libéralisation et la diffusion du paradigme numérique.

A - La libéralisation au Royaume Uni et l'apprentissage de la concurrence par British Telecom.

Au Royaume Uni, la volonté de libéraliser les télécommunications a d'abord été une décision politique qui se traduit en juillet 1981 par le *British Telecommunications Act*. Celui-ci procédait en particulier à la séparation structurelle entre le Post Office et British Telecom qui

sera privatisé en 1984. Beunardeau, Phan (1992) proposent un tour d'horizon des conditions dans lesquelles ces transformations structurelles se sont déroulées. Au Royaume Uni, les transformations institutionnelles ont comporté deux aspects, dont la logique économique présente quelques éléments contradictoires : la volonté affirmée de promouvoir la concurrence et la nécessité de réussir la privatisation de British Telecom. Les partisans de la libéralisation ont avancé que les gains que l'on peut attendre d'un monopole naturel ne sont que potentiels. Si celui-ci est inefficace, les gains liés à la pression de la concurrence pourraient dépasser les pertes liées à l'introduction de la concurrence. Mais le succès de la privatisation suppose que l'entreprise aborde les marchés financiers dans une position forte. Le gouvernement britannique a donc maintenu une entreprise relativement intégrée, en position dominante, ce qui est contradictoire avec la volonté affichée de promouvoir plus de concurrence.

Le cadre institutionnel mis en place par le *Telecommunications Act* de 1984 se caractérise par un partage des rôles entre l'agence de régulation (*OFTEL*) et le ministère de l'industrie (*DTI*). Le premier règle les problèmes pratiques liés au contrôle des marchés et à la défense des consommateurs. Le second se réserve le pouvoir de décision en ce qui concerne les transformations institutionnelles et l'organisation générale des marchés. Il prend éventuellement des initiatives pour contribuer à l'émergence de nouveaux services, comme dans le domaine des mobiles, mais il n'intervient pas dans la programmation de leur développement, qui est laissée aux entreprises agréées.

Dans une première phase, la volonté de promouvoir la concurrence a été subordonnée à la réussite de la privatisation : British Telecom ne fut ni démantelé, ni menacé par un challenger puissant. La décision d'adopter une structure de duopole pour sept années a eu des conséquences limitées sur sa position dominante. La concurrence sur le réseau fixe se développa peu, notamment à cause des problèmes d'interconnexion et de l'insuffisance du pouvoir coercitif de l'*OFTEL*. Dans l'ensemble, les dispositifs proposés par les rapports Beesley (1981) et Littlechild (1983) ont été adoptés par le *DTI*. Cependant, dans les deux cas, un des éléments du système a été omis ou modifié. L'activité de simple revente de capacités de transmission n'a été autorisée qu'en 1989 et demeurait toujours interdite sur les liaisons internationales à la fin de 1990. Le panier de services téléphoniques soumis à contrôle des prix (le *price cap*) a concerné à la fois des services protégés (local) et des services concurrencés (interurbain). L'abonnement a fait l'objet d'un accord séparé. Ces aménagements, apparemment marginaux, ont fortement affaibli la portée des mesures prises.

Le changement technique et la croissance de la demande ont compensé les effets négatifs de la duplication des infrastructures ; cependant, les difficultés du service de téléphonie sans fil de proximité *Telepoint*¹⁷² qui ont conduit à sa suppression, illustrent les limites de la concurrence entre infrastructures, dès lors qu'il n'existe pas une normalisation et une coopération minimale entre les acteurs pour assurer la compatibilité et l'interopérabilité entre les réseaux. Certains services de télécommunications ont connu une croissance remarquable, provoquée plus vraisemblablement par l'introduction d'une concurrence sur les secteurs amont et aval que par la privatisation. Le choc culturel lié à la menace d'une concurrence semble également avoir été plus important que la réalité de la concurrence elle-même.

Si, parfois, au détriment des résidentiels, la première phase de la libéralisation a surtout profité aux gros clients d'affaires, les britanniques espèrent que dans une seconde phase, qui suivra la révision du duopole, les effets de la concurrence seront plus favorables aux autres catégories de clientèle. Dans cette nouvelle phase, la concurrence et le libre choix doivent être renforcés afin de profiter à un plus grand nombre de consommateurs par exemple grâce à l'*open access*, qui permet de choisir son réseau interurbain en composant simplement un préfixe depuis son clavier téléphonique. Comme le prouvent les problèmes de qualité chez les particuliers ainsi que la faible notoriété de l'OFTEL, supposé défendre le consommateur, des progrès importants doivent encore être réalisés pour que tous les britanniques profitent de la politique de libéralisation.

Au début des années 1980, British Telecom accusait un retard patent, par rapport aux autres opérateurs de taille comparable. Or en une dizaine d'année, BT a connu une profonde transformation culturelle et institutionnelle. Privatisé en avril 1984, l'opérateur public britannique a dû affronter la concurrence à la fois au Royaume Uni et sur les marchés internationaux. L'observation des éléments visibles de la stratégie de B.T. révèle une très forte capacité de renouvellement qui lui a permis de relever ces nouveaux défis et d'apprendre rapidement de ses erreurs initiales. Une analyse détaillée des conditions de mise en place de cette concurrence est proposée par Dang Nguyen, Phan (1993, 1994). Nous ne détaillerons

¹⁷² Ce service, qui correspond à la norme CT2 est une évolution du téléphone sans fil domestique destiné à se substituer aux cabines publiques défaillantes au Royaume Uni à cette époque. France Télécom a développé un service de ce type sous le nom *Be Bop*. Dans l'hypothèse d'une diffusion lente du GSM, il y aurait peut être eu une fenêtre d'opportunité temporelle pour ce service. La baisse spectaculaire des prix sur le marché du GSM qui est survenue après l'entrée de Bouygues et la diffusion rapide qui a suivi a rendu obsolète ce service en France.

pas cette étude ici dans la mesure ou son lien avec la problématique que nous développons et un peu ténu. Ces travaux restent cependant accessible dans le tome II.

L'ensemble des travaux considérés estiment que l'OFTEL et le D.T.I. ont donné à B.T. le temps nécessaire pour ajuster progressivement son style de management et sa culture d'entreprise au nouveau contexte. Par exemple, grâce à la volonté de l'OFTEL de limiter l'ampleur hausses du coût de l'abonnement afin de préserver les clients résidentiels, le contrôle des prix auquel BT a été soumis jusqu'au début des années quatre vingt dix a été peu contraignant, et les prix ont d'ailleurs plus baissés en France pour les résidentiels qu'au Royaume Uni¹⁷³. L'absence de concurrence réelle entre BT et Mercury¹⁷⁴ résulte également de cette situation. Dang Nguyen, Phan (1993) ont proposé une explication de cette collusion tacite à partir du constat que la capacité d'investissement de Mercury avait été limitée en proportion de la marge d'autofinancement de Cable & Wireless¹⁷⁵. D'un côté BT n'avait ni les moyens ni l'intérêt pour soutenir efficacement une guerre de prix. L'OFTEL veillait à ce que la viabilité de Mercury soit assurée et aurait empêché BT d'avoir un comportement de prédateur. De plus, on sait que la technologie de BT était obsolète, et ses coûts beaucoup plus élevés que ceux supportés par Mercury qui entraînait sur le marché avec la dernière technologie. Le principal problème de BT fut donc de moderniser son réseau, ce qu'il put faire rapidement dès que les commutateurs d'Ericson (rebaptisés Système Y) furent disponibles. Inversement, Mercury était contraint de construire un réseau très rapidement pour faire face à ses obligations d'opérateur public, qui l'on contraint à relier un certain nombre de villes britanniques. Dans un travail non publié¹⁷⁶ Cette concurrence particulière a été formulée comme un jeu différentiel où les deux joueurs se livrent à une course à l'investissement

Suivant à la fois Judd et Petersen (1987) et Fudenberg, Tirole (1983), le modèle considère que les rivaux sont contraints par le financement. On suppose que Mercury, qui dispose d'un avantage-coût, prélève à chaque instant du temps l'ensemble de ses clients avant BT selon le principe du *rationnement efficient*, en pratiquant un prix juste inférieur à celui de son

¹⁷³ Source : travaux statistiques réalisés par des élèves de l'ENST de Bretagne à l'agence France Télécom de Londres.

¹⁷⁴ qualifié de « *cozy duopoly* » = duopole confortable

¹⁷⁵ Confirmé lors d'un entretien avec le directeur financier de Mercury pendant l'hiver 1990.

¹⁷⁶ Dang Nguyen G., Phan D. (1993) ; « Analyse de la concurrence entre opérateurs de télécommunications : l'exemple du Royaume Uni » ; 10^e Journées de microéconomie appliquée 4-5 Juin 1993, Sfax-Tunisie

concurrent. BT agit alors en monopole sur la demande résiduelle. Le modèle montre, sous ces hypothèses, que la stratégie de l'entreprise en place (BT) est déterminée par un arbitrage intertemporel entre deux impératifs. Premièrement, elle doit freiner l'entrée du rival (Mercury), afin de conserver une importante part de marché, ce qui suppose une baisse des prix, en mesure de diminuer les capacités de financement de celui-ci : c'est une politique de *prix limite*. Deuxièmement, l'entreprise en place (BT) doit moderniser rapidement le réseau interurbain, pour diminuer le coût d'exploitation unitaire et augmenter la qualité, ce qui suppose le maintien de prix élevés pour assurer la rapidité de l'autofinancement durant la période transitoire. La résolution de ce type de dilemme dépend de l'évolution dans le temps du rapport entre l'avantage taille (capacité de financement) et l'avantage coût¹⁷⁷. Dans le cas examiné, il est clair que l'avantage taille de BT domine largement l'avantage coût de Mercury. La logique de cette démarche et les principaux résultats sont présentés dans l'encadré 1 de (Dang Nguyen, Phan, 1993)

L'expérience britannique conduit ainsi à penser que *le pragmatisme du processus de libéralisation traduit une forme implicite de politique industrielle*. Elle souligne, en particulier, une forte marge de manœuvre entre les pratiques effectives des autorités chargées du contrôle du secteur et les préconisations des experts. Cette marge qu'on a pu qualifier de « *slack réglementaire* »¹⁷⁸, peut ainsi être interprétée comme le résultat d'une volonté délibérée des pouvoirs publics destinée à promouvoir le développement d'avantages concurrentiels fondé sur l'apprentissage de compétences spécifiques dont la valorisation s'accroît dans un univers libéralisé (Phan 1996).

B - La libéralisation en Europe et le débat sur le « Service universel » : vers une notion européenne de « Service économique d'intérêt général » pour la « Société de l'information » ?

L'article de Basle, Kemos, Leon, Phan (1997) met en perspective le débat européen sur le « *Service universel* » opposé aux notions de « *Service d'intérêt général* » qui trouve sa forme la plus achevée dans le « *Service public à la française* ». La notion de *Service universel* trouve son origine dans la stratégie de Theodore Vail, président d'ATT au début du siècle, qui a été évoquée dans la section précédente. Cette stratégie visait en particulier à appuyer sa

¹⁷⁷ Selon une idée développée graphiquement dans un cadre statique par Barbet et Benzoni, (1991).



¹⁷⁸ Badillo chapitre VI dans Brousseau, Petit, Phan (eds.) (1996)

demande de légalisation du monopole. La notion n'a été importée en Europe qu'en 1992, par la Commission des Communautés Européenne, pour accompagner la transition vers la concurrence. La seconde notion, qui fonde le *Service public à la française* fut d'abord perçue comme une exception nationale vouée à la disparition, avant d'être reprise par le Parlement européen, dans le cadre du débat sur la *Société de l'information*. La dernière partie de (Basle, Kemos, Leon, Phan, 1997) porte sur une possible interprétation en terme de *Service public* des positions défendues par le Parlement européen¹⁷⁹

La première définition officielle du *Service universel* au niveau communautaire apparaît dans une communication de la Commission du 21 octobre 1992 : il s'agit « *d'un service minimum donné, dont la qualité est spécifiée, pour tout utilisateur, à un prix abordable* ». L'idée est que la concurrence ne conduise pas à léser les plus démunis. Il s'agissait sans doute, pour la Commission Européenne, d'un préalable pour vaincre la réticence de certains Etats et favoriser l'adoption de l'accord sur la libéralisation totale du marché européen. Sont initialement concernés par la définition du service universel, les services « de base » (téléphonie vocale, publiphones, services d'urgence). Il n'est pas exclu que ces services puissent être fournis par des opérateurs en concurrence.

En régime de monopole, un *Service universel* pouvait être imposé sans être expressément nommé, comme une obligation faite au détenteur des droits exclusifs. Dans un régime concurrentiel, l'obligation de *Service universel*, si elle pèse sur le seul opérateur historique, peut conduire à des distorsions tarifaires, fausser le fonctionnement du marché et pénaliser l'entreprise qui y est soumise. Aussi, pour garantir la fourniture de ce *Service universel* après la libéralisation complète des marchés, la Commission a suggéré de créer des *fonds nationaux*, financés par des taxes sur les nouveaux entrants qui choisiraient de ne pas participer à sa fourniture. Cette approche compensatoire n'a pas été suivie partout. Ni la Grande Bretagne, ni l'Italie par exemple, n'envisagent d'établir un tel « fonds national ».

Du point de vue juridique, la notion de *Service universel*, déjà fragile sur le plan institutionnel, interfère avec d'autres notions telles que le « Service d'intérêt économique général » défini dans l'article 90 du Traité d'Amsterdam, ou la notion française de *Service public*.

¹⁷⁹ Un certain nombre d'éléments de cet article ont été repris dans le chapitre 1 de Dang Nguyen, Phan (2000) d'où sont tirés les paragraphes qui suivent.

En France c'est l'Etat, dans sa puissance tutélaire qui définit les activités *d'intérêt général* qui relèvent de l'action administrative. Le *Service public*, désigne alors les modalités par lesquelles une administration prend en charge ou délègue ce service sous son contrôle. Pratiquement, un *Service public* existe donc par la volonté de l'Etat de le considérer comme tel ; c'est la conception « subjective » de la jurisprudence du Conseil d'Etat.

Mais elle est remise en cause dans le contexte européen pour trois raisons au moins. Premièrement, la conception française est très éloignée de la culture et de la pratique juridiques anglo-saxonnes et du cadre institutionnel européen, où le marché est la règle et l'intervention publique l'exception. Deuxièmement, le processus de libéralisation des télécommunications s'insère dans un mouvement plus large, dominant dans les années 80-90 et visant à « moins d'Etat ». Troisièmement, la construction européenne tend à opérer des transferts de pouvoirs de la nation vers l'Europe, qui ne vont pas dans le sens du renforcement du rôle des Etats ¹⁸⁰.

La définition du « Service public des télécommunications » au sein de la Loi de Réglementation des Télécommunications de 1996 permet de percevoir comment le gouvernement français a fait droit en partie à la volonté Européenne de limiter le service public au service universel, au sein du dispositif institutionnel national. L'article L-35 stipule que le *Service public des télécommunications* comprend : le *Service universel des télécommunications* (fourniture à tous d'un service téléphonique de qualité à un prix abordable), *les Services obligatoires de télécommunications* (offre sur l'ensemble du territoire de l'accès au réseau numérique à intégration de service - RNIS, commercialisé par *France Télécom* sous l'appellation *Numéris*), de liaisons louées, de la commutation de données par paquets, de services avancés de téléphonie vocale et du service télex) et *les missions d'intérêt général dans le domaine des télécommunications* (défense et sécurité, recherche publique et enseignement supérieur).

En application du principe de fonds national, les concurrents de *France Télécom* lui versent une contribution, au prorata de leur part de marché, pour l'aider à financer les charges que l'obligation de service public lui cause. En 1997, ils ont ainsi versé collectivement 53 millions FF.

¹⁸⁰ La Cour de Justice Européenne a toutefois mis un frein à cette évolution dans deux arrêts dits « Corbeau » et « Armelo »

La définition française est donc plus large que le concept européen de *Service universel*. Pour autant, elle ne semble pas avoir fait peser de contrainte drastique sur le fonctionnement du marché, et l'ouverture à la concurrence. Pourtant, une fois acquis le principe de la compétition, la question de l'organisation de cette dernière et de sa soumission à des objectifs d'intérêt général reste posée.

Le débat a été relancé récemment avec l'avancée spectaculaire de la technologie, la percée d'Internet et la convergence informatique / télécommunications / audiovisuel. L'existence d'un simple service universel pour la voix apparaît soudain quelque peu étriquée. Est-on sûr que l'émergence de ces nouveaux services dans un contexte désormais pleinement concurrentiel, ne va pas créer de nouvelles exclusions ou oblitérer un développement durable? Le Parlement Européen s'est saisi de ce dossier, en reprenant à son compte la notion de « *Service d'intérêt économique général* ».

Au niveau communautaire, elle n'a pourtant pas encore de contenu établi. Les arrêts de la Cour de Justice en précisent peu à peu le périmètre, qui apparaît plus large que celui du service universel. Le *Projet de Charte Européenne des Services d'Intérêt Economique Général* du Parlement Européen (CEEP, [1995]) propose une définition qui tend à le rapprocher du *Service public à la française* : « *On entend par service d'intérêt économique général toute activité d'intérêt général exercée, en raison de considérations d'efficacité économique, de protection des consommateurs, de cohésion sociale ou de préparation d'un développement durable, sous la maîtrise d'un Etat membre ou de la Communauté* ».

Le *Service universel* proposé par la Commission apparaît alors comme une *version dégradée du Service d'intérêt économique général*, qui répond simplement au souci de permettre un fonctionnement concurrentiel des marchés tout en maintenant un niveau minimum de cohésion sociale. Cependant la Commission admet que son contenu n'est pas figé, car il s'agit « *d'un concept évolutif et dynamique qui jouera un rôle important face aux défis lancés par la société de l'information...* » (CCE, Com(96)73).

Dans ces conditions, des propositions d'élargissement du *Service universel* pour les télécommunications ont été faites. Celles-ci intègrent le changement qualitatif lié à l'avènement de la *Société de l'Information* (courrier électronique, Internet, télémédecine, télé-enseignement...) et cherchent à concilier la réalisation du grand marché intérieur par la concurrence, avec le maintien de la cohésion économique et sociale. Cependant, aux yeux de la Commission, inclure dans le *Service universel* une obligation de fourniture pour tous et sur

l'ensemble du territoire des services en ligne les plus avancés, n'est ni possible ni souhaitable dans un proche avenir. Il s'agirait plutôt d'assurer la possibilité de connexion sur tout le territoire pour certains utilisateurs, en les différenciant selon la nature de leurs besoins. Par exemple, la recherche de la satisfaction de l'intérêt général pourrait se traduire par la mise à disposition de services en ligne au sein d'institutions publiques (bibliothèques, écoles, mairies...), qui est présentée comme une réponse possible à l'expression de besoins occasionnels émanant des particuliers lorsque les investissements à réaliser sont coûteux pour la collectivité.

Dans cette logique, la Commission propose de distinguer plusieurs catégories d'utilisateurs potentiels, comme par exemple les PME lorsque leur accès aux services avancés est difficile (implantation géographique), ou les institutions qui fournissent des services sociaux au public... Ce principe de différenciation est fondé sur l'inégalité des situations individuelles, mais vise à les corriger pour assurer à tous l'intégration au sein de la *Société de l'Information* et pour maintenir la cohésion économique et sociale. Cette approche, encore en discussion, propose en quelque sorte un dépassement de la notion de Service Universel. Ce dépassement nécessite la mise en place d'un nouveau pacte social autour d'un mode de développement centré sur les technologies de l'information et de la communication, et fondé non plus sur l'uniformité et sur l'universalité, mais sur la différenciation des situations et des besoins. Mais tout ceci est encore de l'ordre du projet.

Avec le recul, la définition d'un *Service universel* apparaît donc comme une concession faite par la Commission aux Etats membres pour assurer la transition vers la concurrence. Dans la pratique, la portée de la notion de *Service universel* reste faible. Celle de *Service d'intérêt économique général* est encore un vœu pieux du Parlement Européen. La question de sa concrétisation dans les normes juridiques effectives devrait pourtant être à l'ordre du jour, compte tenu de la diffusion rapide des services en ligne et des enjeux de société que cela entraîne.

C - La libéralisation dans les pays d'Europe Centrale.

L'article « *From Path-Dependent Processes of Structural Change to a Diversity of Market Models in Central European Countries' Telecommunications* » (Kontkiewicz – Chachulska, Phan, 1998) porte sur les changements structurels dans un petit nombre de pays d'Europe Centrale (CEC : La République Tchèque, la Hongrie la Pologne et la Slovaquie). Il s'agit plus particulièrement de proposer une grille d'interprétation des politiques structurelles

dans le secteur des télécommunications en retenant le point de vue à la fois *institutionnaliste* et *évolutionniste*. De nombreuses décisions structurelles prises à tous les niveaux des formes institutionnelles constituent des formes d'*engagement* auxquelles correspondent un certain degré d'*irréversibilité* aussi bien que de *flexibilité*. L'article cherche alors à répondre à la question suivante : Quels arrangements (institutionnels, organisationnels, technologiques) doivent être retenus pour promouvoir le développement national et pour trouver une cohérence entre *les processus d'apprentissage localisés et la réactivité* aux évolutions de l'environnement ?

Dans cet objectif, l'article souligne en particulier le rôle de facteurs nationaux dans les processus de modernisation et de changement technique, dans une démarche inspirée de Lundwall (1992) et Nelson (1993), tout en le replaçant dans le mouvement général de libéralisation et de changement technique. Une place importante est accordée aux *irréversibilités* associées à de nombreuses décisions technologiques, qui jouent un rôle crucial dans les trajectoires technologiques comme dans les conséquences sur les firmes du processus de sélection qui vient sanctionner ces décisions.

Dans les années quatre-vingt-dix, la trajectoire de développement du secteur des télécommunications dans les CEC est influencée par le processus général de *libéralisation*, la *globalisation* de certains marchés, la disponibilité de nouvelles technologies et le fort niveau d'innovation associé à la diffusion du paradigme numérique tel que nous l'avons défini précédemment (§ 2.2.1.). Dans les pays les plus développés, les équipements existants dans les anciennes technologies aussi bien que les pratiques héritées de l'histoire ont pu, dans certains cas, ralentir le processus de diffusion des innovations liées à la numérisation. Par exemple, c'est le cas en France, où la qualité de pionnier dans ce domaine ne présente paradoxalement pas que des avantages (Quelin, 1992 ; Phan, Sommer, 1997, 2000 et § 2.2.3.)

Ce retard relatif peut créer temporairement des « *fenêtres d'opportunité temporelles* » pour les firmes qui procèdent à des transformations techniques et organisationnelles plus tardives. On peut penser que certaines circonstances pourraient permettre à des opérateurs des CEC de dépasser certains pays parmi les plus évolués (MDC : *Most Developed Countries*) en adoptant les dernières générations technologiques, comme cela pourrait être le cas par exemple pour les Länder qui correspondent à l'ex-Allemagne de l'Est. Typiquement, les derniers arrivants ont l'opportunité de bénéficier d'externalités (connaissance, rendements croissants d'adoption, etc.) et de transferts technologiques des MDC. Tout cela pourrait permettre de baisser les coûts d'entrée dans ces technologies et de rendre leur déploiement

plus aisé, en particulier, au niveau des coûts de R & D que l'on peut espérer moins élevés, si l'on en croit, par exemple, Antonelli (1991). Les freins à un tel processus de rattrapage, voire de dépassement sont à chercher à la fois dans les capacités de financer l'adoption de ces technologies, dans les capacités d'absorption des connaissances associées et dans celles de mettre en œuvre les pratiques entrepreneuriales nécessaires aux succès d'une telle greffe¹⁸¹.

Du point de vue de l'économie historique, la position ainsi soutenue est cohérente avec les propositions de Dockès, Rosier (1991) et de Hugon (1991) sur le développement. Il n'existerait pas de trajectoire unique, par laquelle toutes les firmes et tous les pays seraient obligés de passer nécessairement :

*« Avec l'**historicisme** dur, meurt également l'idée d'une société en retard (...) La théorie selon laquelle toutes les sociétés passeraient nécessairement, du fait d'une même horloge interne, par les mêmes étapes, l'idée d'un « progrès » ou d'une évolution endogène et univoque n'est pas tenable : même si un même mécanisme général d'évolution est à l'œuvre, cela ne suffit pas à fonder l'unicité de l'évolution des sociétés humaines puisque, nous l'avons vu, même de très légères différences dans les conditions initiales peuvent avoir des conséquences extraordinairement divergentes et qu'ici les milieux sont très différents » (Dockès, Rosier, 1991, p.203)*

La trajectoire de développement sectorielle des télécommunications pour les CEC pourrait ainsi largement se baser sur un processus d'évolution accéléré soutenu par des transferts de technologies. Compte tenu de la *spécificité* des facteurs locaux et de la *dimension cumulative* de leurs effets, les avantages compétitifs futurs des firmes et des nations dépendront crucialement des conditions dans lesquelles s'effectueront ces transferts. Bien entendu, les chances de dépassement restent faibles, mais l'expérience japonaise depuis le début du siècle montre que dans certains domaines, les industries d'un pays qui n'est pas à la pointe de la technologie, peuvent se déplacer vers la frontière technologique. Des exemples inverses ne manquent pas (l'Argentine, par exemple, qui entre les deux guerres se trouvait au

¹⁸¹ Cette dernière proposition ne figure pas dans l'article original et ces phénomènes ont été partiellement négligés, surtout en ce qui concerne le *trade-off* entre la vitesse de modernisation de l'offre et l'évolution de la demande, en particulier ses déterminants macroéconomiques. On retrouve ici la question du blocage de la diffusion de nouvelles technologies, pratiques ou formes d'organisation par une insuffisance de la demande solvable déjà abordée en 1.1. et au § 1.2.3. La question du rapport entre la capacité d'absorption des nouvelles

niveau de l'Italie....). dans le domaine sectoriel qui nous intéresse - les télécommunications - les industries françaises, en retard relatif après la guerre sont maintenant à la pointe de la technologie. Rien ne garantit cependant qu'elles le resteront dans le futur.

Dans un processus évolutionnaire en effet, si l'incertitude sur les issues possibles est suffisamment forte, voire radicale¹⁸² les choix stratégiques dans les CEC peuvent être éclairés de deux manières complémentaires : d'une part, en extrapolant les évolutions des marchés dans les MDC à partir des tendances technologiques et institutionnelles actuelles, d'autre part, en considérant les caractéristiques et les contraintes spécifiques de la trajectoire nationale.

Pour atteindre les objectifs d'évaluation que l'on s'était fixé, la Section 1 de Chachulska, Phan (1998) survole rapidement les tendances générales que l'on pouvait observer au milieu des années quatre vingt dix dans les domaines techniques et institutionnels, ainsi que la stratégie suivie par les opérateurs des MDC. La Section 2 propose un état des lieux des différentes évolutions observées dans les CEC. Une description plus détaillée (en particulier en ce qui concerne la République Tchèque et la Hongrie) mais moins à jour peut être trouvée dans Chachulska, Phan (1995). Les Sections 3 et 4 de l'article proposent une analyse du rôle de l'organisation, de la technologie, de la finance et des compétences dans le processus de développement des télécommunications dans les CEC, conditionnellement à l'environnement institutionnel dans lequel ces éléments s'insèrent¹⁸³.

technologies et le niveau de formation et de compétence locale antérieure a aussi insuffisamment été abordée, au détriment de la dimension managériale, qui est privilégiée dans cet article.

¹⁸² Pour Knight (1921), l'incertitude est « radicale » dès lors qu'elle n'est pas probabilisable. Leloup (2002) distingue plusieurs formes d'incertitude. Au premier ordre, on est en situation risquée (on connaît la loi et les paramètres de cette loi). Au second ordre, la théorie des probabilités s'applique, mais il peut y avoir des difficultés à prévoir correctement et il peut y avoir apprentissage *incomplet* (cf. Rotchild, 1974 ; Bourguine, Leloup (1998) ; Leloup Bourguine (2000) ; Leloup (2002) et § 4.1.1.), ce qui est le cas en particulier lorsque un ou plusieurs paramètres de la loi sont inconnus, ou lorsque la loi elle-même est inconnue. Si les règles probabilistes d'apprentissage ne s'appliquent pas, on se trouve alors en incertitude *radicale*. Si l'on considère par exemple le cas où l'ensemble des événements n'est pas connu, on distinguera (A) le cas où les événements sont donnés dans un environnement stationnaire et où il est donc possible d'apprendre la distribution, du cas (B) où de nouveaux événements non prévisibles viennent s'ajouter aux événements déjà connus : dans ce cas, on ne peut appliquer de principe probabiliste, et on se trouve alors dans une situation d'incertitude radicale.

¹⁸³ Aujourd'hui, Hanna Kontkiewicz -Chachulska travaille chez l'opérateur alternatif polonais Telenergo, et France Télécom a pris le contrôle de l'opérateur historique Polonais. Nous sommes convenus de faire un bilan rétrospectif des évolutions qui ont eu lieu depuis 1998 afin d'éprouver la fiabilité de notre démarche.

2.2.3. Coûts de transaction et relations opérateurs – équipementiers dans l'industrie de la commutation publique

Les deux articles réalisés avec Thierry Sommer (Phan, Sommer, 1997, 2000) viennent illustrer le débat sur les structures et la difficulté à penser leurs métamorphoses successives au chapitre premier. On avait fait allusion, dans ce chapitre à la représentation diagrammatique de Williamson (1993a) pour représenter les trois niveaux en cause dans l'approche néo-institutionnaliste de coûts de transactions. Thierry Sommer étant à l'époque *un néo-institutionnaliste critique* sur la question de *l'intégration de la technologie dans le modèle de référence*, nous avons développé particulièrement cette question, et nous nous sommes avancés jusqu'à poser la question de savoir si la théorie néo-institutionnaliste avait besoin d'être « fécondée » par la théorie évolutionniste pour rendre compte des phénomènes structurels. Un certain nombre de travaux étaient en cours de publication sur cette question à cette époque. Certains apparaissent dans la bibliographie de la version anglaise, plus complète¹⁸⁴.

Dans quelle mesure la Théorie des Coûts de Transaction (TCT) peut-elle éclairer l'analyse des choix organisationnels dans un secteur à fort contenu technologique comme la commutation publique ? Guertman, Quélin (1993) ont analysé à l'aide de la TCT les modes de coordinations des échanges spécifiques à ce secteur d'un point de vue comparatif international. Leurs travaux n'ont cependant pas pris en compte les derniers développements de la technologie et de l'organisation du secteur, qui se traduisent par une remise en cause radicale du contexte et de la nature des transactions avec la mise en œuvre des architectures de réseaux intelligents (ARI) et l'ouverture des réseaux de télécommunications à la

¹⁸⁴ « ...the evolutionary theory of the firm, which emphasizes continuous learning that make a firm's asset dynamic, provide an understanding of why in the past new firm through the process of integrating production and - distribution and why and how they grew by expanding into new markets...I find the earlier growth of the industrial firm difficult to explain fully in term of transactions, agency and other information costs, so I find it hard to explain the recent process of expansion and contraction with these same concepts » (Chandler, 1992, p98-99).

¹⁸⁴ On peut cependant concevoir des extensions au programme de recherche de la TCT standard. Lotter (1997), par exemple, propose de développer une approche "dynamique" de l'évolution des caractéristiques des transactions qui est d'ailleurs suggérée dans les travaux récents de Williamson ; mais la question de savoir si cette extension serait suffisante pour endogénéiser les choix technologique et la dynamique de l'innovation reste posée. C'est pourquoi d'autres auteurs pensent que la TCT devrait être complétée par une théorie évolutionniste de la firme, fondée sur les compétences (Winter, 1991 ; Langlois, 1992 ; Foss, 1994, 1996 ; Langlois Robertson, 1995 ; Brousseau 1996, 2000)

concurrence (Phan,1996, Dang Nguyen, Phan 2000). Dans cet article, on cherche à interpréter les formes d'organisation observables dans le domaine des relations opérateurs - équipementiers autour de la commutation publique à l'aide de la TCT , mais aussi d'évaluer la portée et les limites de cette théorie dans ce cas particulier.

Une première partie est consacrée à une brève discussion des principes de la TCT. Pour rendre compte de la pluralité des formes d'organisation effectivement adoptées dans le temps et dans l'espace, une attention particulière est accordée à la prise en compte du rôle de la technologie et de l'influence de l'environnement institutionnel par cette théorie. La seconde partie est consacrée à l'analyse des transactions entre opérateurs de télécommunications et équipementiers dans le domaine de la commutation publique. La troisième partie pose la question de l'adéquation des structures de gouvernance avec leur environnement technologique et institutionnel dans la longue durée à partir de l'exemple des Etats Unis, de la création de la Bell Company à nos jours.

L'analyse menée dans cet article montre que la TCT permet de comparer l'efficacité relative des structures de gouvernance qui encadrent ces transactions, à contexte institutionnel et technologique donné. Elle permet également d'interpréter, dans la perspective de l'ouverture des réseaux, l'inadéquation croissante entre les structures de gouvernance actuelles et les évolutions récentes de la technologie et de l'environnement institutionnel. En revanche, elle ne permet pas de rendre compte de l'évolution d'une structure vers une autre, et plus généralement des interdépendances entre la technologie, les structures de gouvernance et l'environnement institutionnel.

A - Les enseignements appliqués

L'analyse transactionnelle permet de distinguer trois périodes. A l'époque de la commutation électromécanique/spatiale, l'organe de commutation peut être vu comme un segment technologique unique, qui donne lieu à une seule transaction entre opérateurs de télécommunications et équipementiers. Le degré important de spécificité des actifs a parfois été renforcé par des stratégies nationales, protégées par le monopole local. Dans le cas américain, la stratégie d'AT&T conduit à l'intégration verticale au sein du Bell System.

La numérisation des commutateurs permet de distinguer dès l'apparition de l'électronique spatiale une composante matérielle et une composante logicielle dans les équipements, ce qui correspond à une nouvelle « *interface de séparation technologique* » au sens de la TCT. Les transactions sur le logiciel vont devenir le support et l'enjeu principal de l'évolution de la

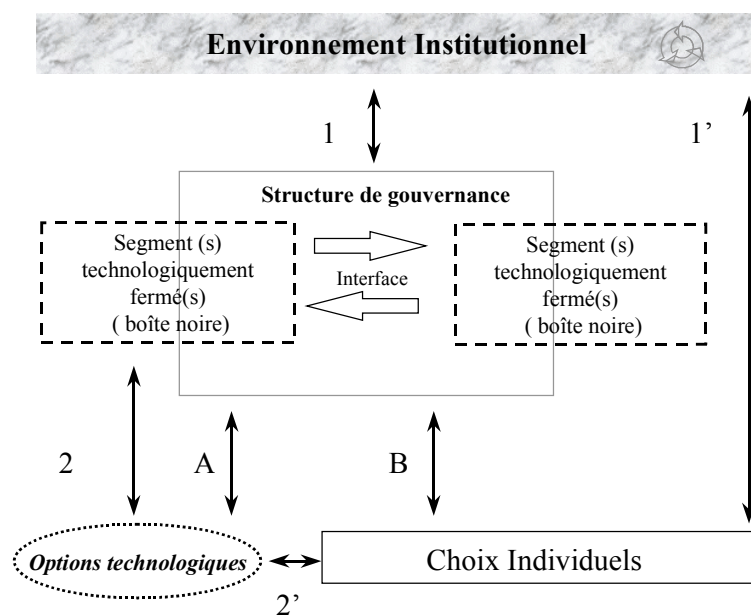
spécificité des actifs. Née dans des structures de gouvernance à fort degré de contrôle, la commutation temporelle se traduit d'abord par un renforcement de cette spécificité. Cependant, la diffusion du paradigme numérique, dans laquelle cette technologie s'intègre, et le processus de libéralisation des télécommunications, créent une dynamique qui oriente les choix des acteurs vers une diminution de la spécificité des actifs. En effet, les coûts croissants de R&D associés à la diffusion du numérique chez les équipementiers les poussent à multiplier le nombre de leurs clients et à harmoniser leurs gammes, ce qui réduit la spécificité des actifs. A l'issue de cette période, la commutation publique est devenue un marché oligopolistique global contrôlé par quelques grands acteurs majeurs et/ou par des réseaux d'alliances (Quelin, 1996). Les opérateurs qui n'étaient pas verticalement intégrés comme les Opérateurs régionaux nord-américains (les RBOCs) ont également fait jouer la concurrence au niveau des fournisseurs, et favorisé l'émergence des Architectures de Réseaux Intelligents.

Ces dernières initient une étape supplémentaire dans le processus de modularisation de la commutation avec de nouvelles potentialités de séparation technologiques. Cependant l'ajustement des structures de gouvernance apparaît largement déconnecté de ce processus que la TCT a quelques difficultés à appréhender, même si elle permet d'en analyser les conséquences. On observe des « *désintégrations verticales* », comme dans le cas d'AT&T ou de GTE, alors que les attributs des transactions sont encore caractérisés par des niveaux de spécificité importants. En fait, équipementiers et opérateurs doivent arbitrer entre des considérations de court terme et de long terme. A court terme, pour maintenir les opérateurs sous leur dépendance, les premiers ont intérêt à préserver le caractère spécifique des actifs liés à leurs systèmes propriétaires, alors que les seconds ont intérêt à garder une position technologique flexible, à la fois pour rentabiliser les investissements existants et pour éviter de s'engager sur des trajectoires coûteuses ou sans issues, alors que les technologies du futur (comme la commutation ATM ou les réseaux de données multimédias) sont loin d'être stabilisées. A plus long terme, les équipementiers devront certainement diminuer leurs coûts et s'engager dans des systèmes plus modulaires et plus standardisés. Mais ils seront alors en concurrence avec les fabricants de réseaux informatiques et les intégrateurs de systèmes. Les opérateurs devront eux-même faire évoluer leurs réseaux, mais en attendant, la concurrence les amène à se préoccuper d'abord d'adapter leurs services aux besoins de leurs clients.

B - Les enseignements théoriques.

Du point de vue des enseignements théoriques, cet article confirme que si la TCT nous permet d'identifier l'instabilité de la situation actuelle, cette théorie éprouve quelques difficultés pour rendre compte du processus en cours. C'est sans doute pourquoi la majorité des travaux qui portent sur ces questions utilisent une approche évolutionniste¹⁸⁵. En effet, la TCT nous donne un cadre pour comparer dans le temps et dans l'espace les structures de gouvernance pour un environnement institutionnel donné, selon une méthode de statique comparative. On peut ainsi avancer des éléments pour justifier l'existence de structures de gouvernance différentes dans des contextes différents. En revanche, l'explication de l'évolution d'une structure vers une autre sort du champ standard de la TCT. Vouloir l'utiliser d'un point de vue morphogénétique, l'évolution institutionnelle étant considérée comme donnée, conduirait à une interprétation fonctionnaliste des structures de gouvernance.

Figure 2-2



¹⁸⁵ Tous ces travaux insistent sur la dimension historique du processus liée à des facteurs d'irréversibilité. Ainsi Fransman (1992) et Quelin (1992), (1996) insistent sur l'accumulation de compétences et les trajectoires technologiques qui en résultent. Wolff (1996) analyse plus spécifiquement la nature des apprentissages qui fondent ces compétences, parfois associés à la recherche de la flexibilité technologique, dans un environnement perturbé. Pour cette dernière « *l'approche des coûts de transaction, du moins dans sa version standard, souffre d'un certain nombre de limites lorsqu'on cherche à analyser la dynamique des accords en télécommunications. Toutes sont imputables à la dimension essentiellement statique de cette approche* » (Wolff, 1996, p.458)

Pour intégrer le long terme, il apparaît nécessaire de rendre compte de l'effet en retour des structures de gouvernance sur le cadre institutionnel, effet jugé à court terme du second ordre par Williamson (1993a, 1996). Il faudrait également mieux intégrer les interactions de la technologie et les stratégies d'adaptation des acteurs, c'est-à-dire considérer un champ plus large que celui auquel se réfère la TCT standard. Pour résumer ces effets négligés par la théorie, les relations entre ces déterminants sont récapitulées sur la figure 2-2, qui amendant la figure 1-3 proposée par Williamson (chapitre 1 section 3). Dans la figure 2-2, les relations (1) et (2) représentent d'une part l'impact des choix individuels sur l'ensemble des options technologiques (les innovations) et d'autre part la contribution de la technologie à la modification de l'espace des arbitrages de la TCT. L'une et l'autre questions sont traitées de manière exogène par la théorie.

Un tel programme de recherche reste à construire. Plusieurs pistes sont ouvertes. Lotter (1997) pense que l'on peut développer une dynamique évolutionniste en conservant la transaction comme support unique de l'analyse. D'autres auteurs plaident pour une intégration plus poussée entre la TCT et le programme de recherche évolutionniste, jugés complémentaires. Pour Chandler (1992) les faits observés par l'historien de l'organisation entreprises renvoient à cette approche plus qu'à toute autre¹⁸⁶. L'indépendance / interdépendance relative que l'on a mis en évidence entre les niveaux institutionnels, organisationnels et technologiques pourrait ainsi être traitée à l'aide de la notion de « *coévolution* » empruntée aux biologistes (Nelson, 1994). Pour l'instant, cependant, ces développements restent programmatiques et exploratoires mais la présente étude suggère que la compréhension de l'évolution des relations équipementiers - opérateurs de télécommunication serait certainement enrichie par leur apport.

Au regard des positions tenues dans le chapitre I au sujet du fonctionnalisme et au structuralisme statique, il apparaît que notre critique de la TCT pourrait aller plus loin que ce qui est contenu dans (Phan, Sommer, 1997, 2000). Pour la TCT en effet, la mise en place d'une forme organisationnelle résulte de *la recherche intentionnelle* d'une structure qui

¹⁸⁶ « ...the evolutionary theory of the firm, which emphasizes continuous learning that make a firm's asset dynamic, provide an understanding of why in the past new firm through the process of integrating production and - distribution and why and how they grew by expanding into new markets...I find the earlier growth of the industrial firm difficult to explain fully in term of transactions, agency and other information costs, so I find it hard to explain the recent process of expansion and contraction with these same concepts » (Chandler, 1992 p98-99).

permette de *minimiser simultanément l'ensemble des coûts de gouvernance et de production* qui peuvent y être associés, pour un ensemble de choix technologiques donnés. Une version formalisée (la seule) proche de la théorie standard élargie de ce choix simultané est présentée dans Riordan, Williamson, (1985). Dans notre article, l'accent a été mis sur les insuffisances de la TCT liées au caractère *donné* de l'ensemble de choix technologiques. La critique de la version anglaise s'est étendue plus particulièrement sur la question des compétences et des apprentissages. Mais il faudrait aller plus loin.

Pour que le choix fasse sens *ex ante*, la théorie a besoin de connaître l'ensemble des coûts de gouvernance et de production. C'est en quelque sorte considérer le problème comme déjà résolu. Ces coûts peuvent varier en fonction de paramètres évolutifs comme la confiance ou l'apprentissage relationnel. Bien entendu, lorsque l'on mesure *ex post* les attributs d'une transaction lorsque celle-ci est réalisée de manière fréquente, les hypothèses de la théorie ont peu de chance de ne pas être confortées¹⁸⁷ par contre cela ne prouve rien quand aux conditions du choix initial qui a conduit à une telle structure. Dans de nombreux cas, il est possible que nous ayons à faire à une rationalisation *ex post*, en particulier lorsque l'environnement n'est pas stationnaire et que la mise en place de la relation est un peu innovante. L'explication relève donc du fonctionnalisme, comme on l'a souligné précédemment. Une autre approche semble possible à partir des simulations multi-agents, comme semble le montrer le travail récent de Klos, Nootboom (2001). Ces auteurs font émerger la coopération et la confiance dans un contexte multi-agents en interaction qui apparaît plus conforme à la méthodologie génétique préconisée ici pour rendre compte de l'émergence structurelle .

2.3. Apprentissages, émergence structurelle et imprédictibilité : les PC, l'Internet, les logiciels libres

Dans cette section, on présente plus largement les formes de la diffusion du paradigme numérique en discutant des erreurs d'anticipation des acteurs des télécommunications et de l'informatique, d'après Dang Nguyen, Phan (1997, 2000), puis on fait un rapide tour d'horizon des évolutions du secteur informatique qui se sont trouvées en synergie avec l'émergence de l'Internet : les micro-ordinateurs et les logiciels libres (Genthon, Phan, 1999 ; Jullien, Phan, 1999). On termine avec une analyse du succès de l'Internet, à partir de (Dang

¹⁸⁷ On pourra par exemple consulter dans ce domaine l'excellent travail de Saussier (2000)

Nguyen, Phan 2000) et d'une contribution originale centrée sur la question de la synergie systémique d'éléments ou de trajectoires antérieurement disjoints.

2.3.1. Une typologie des formes d'apprentissages dans les Technologies de l'Information et de la Communication.

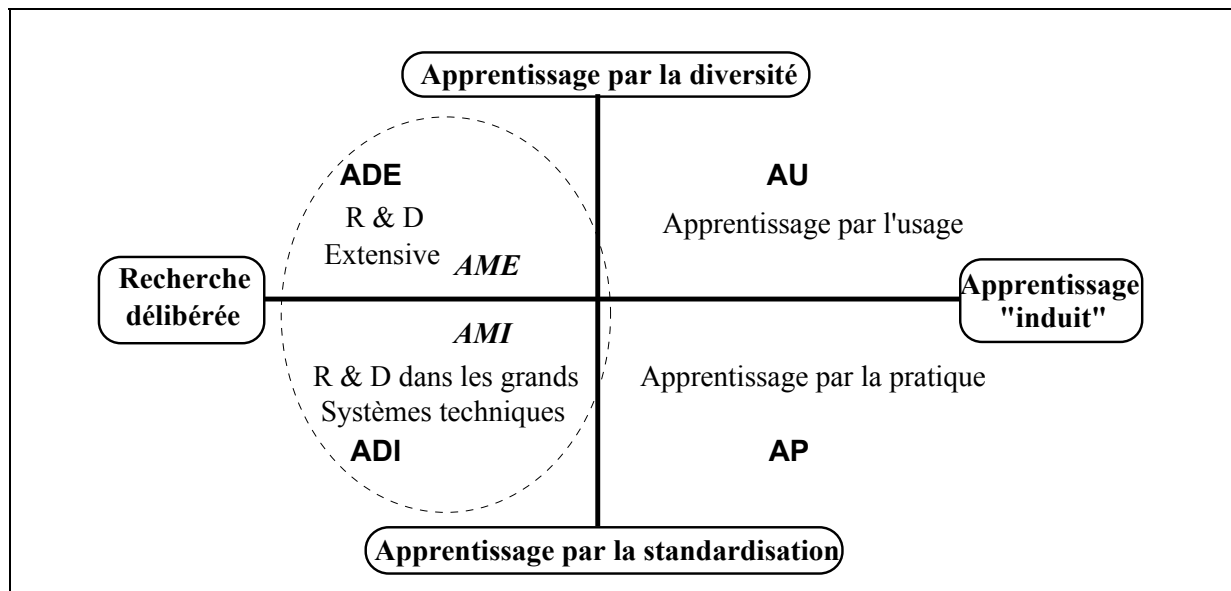
L'objet de Dang Nguyen, Phan (1997, 2000) est de souligner le *rôle stratégique des processus cognitifs dans la valorisation des innovations technologiques*. Dans le secteur des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), où l'émergence *d'un paradigme numérique* a modifié, progressivement, mais en profondeur, la nature des dynamiques sectorielles, ces processus et l'influence qu'ils ont eue sur les *représentations* des acteurs, expliquent également les écarts entre les anticipations et les évolutions réelles. Plus spécifiquement, ces articles proposent une analyse des interdépendances entre les formes d'apprentissage technologique, l'évolution de l'organisation des marchés, et les changements dans l'architecture des systèmes.

Dans ce travail, nous avons présenté à partir d'un schéma proposé par Foray (1994) la manière dont les acteurs (offreurs et utilisateurs) se sont représenté la « convergence » attendue dans l'informatique et les télécommunications. On sait en effet que cette convergence ne s'est jamais réalisée du moins dans les délais et sous les formes anticipées par les acteurs. Les deux dernières parties sont consacrées à un essai de caractérisation du rôle joué par différentes formes d'apprentissage dans la détermination des trajectoires des firmes et dans l'évolution des réseaux qu'elles contrôlent. D'une part, on y montre que *les apprentissages localisés* dans les réseaux peuvent contribuer à engendrer des évolutions différenciées des usages et des compétences, dont les effets cumulatifs finissent par influencer les organisations technico-économiques elles-mêmes. D'autre part, dans un contexte de changement structurel, *les mécanismes de formation des représentations technico-économiques*, à la source des stratégies d'acteurs, jouent un rôle central dans le processus de transition lui-même, et l'on en propose une typologie. Comme cette typologie a déjà été rapidement présentée en introduction de ce chapitre pour la commodité de l'exposition, on renvoie le lecteurs aux articles pour la description des faits qui rentrent dans les quatre catégories en questions.

A - Modalités d'apprentissage et morphogénèse

La création des technologies peut être présentée comme la conséquence de modalités spécifiques d'apprentissage. Foray (1994) a proposé une « cartographie » des formes de l'apprentissage technologique. D'une part, il oppose les apprentissages « *extensifs* » (par la diversité) et « *intensifs* » (par la standardisation), ce qui renvoie à l'opposition classique entre *exploration* et *exploitation*. D'autre part, il met en regard la *recherche délibérée*, et l'*apprentissage « induit »* engendré par la recherche des meilleures caractéristiques d'usage (*learning by using* : Rosenberg, 1982) ou par les activités de production (*learning by doing* : Arrow, 1962). Il aboutit à une caractérisation en quatre zones dont rend compte la figure 2-3 ci-dessous.

Figure 2-3 : Modalités d'apprentissages



Deux directions peuvent être explorées : d'une part, la mise en évidence des *processus cognitifs* sous-tendant les apprentissages ; d'autre part, *les conséquences de ces derniers* sur les compétences et les représentations des agents, ainsi que sur les structures (techniques, économiques, institutionnelles).

L'amélioration des performances intrinsèques d'un système, localisé dans une structure donnée (l'architecture des systèmes et marchés associés, que l'on qualifie dans l'article de « *morphologie* ») est occasionnée par un *apprentissage délibéré intensif* (ADI), lorsque celui-ci s'organise autour d'un *programme de recherche encadré par un standard*. Au contraire, il s'agit d'*apprentissage délibéré extensif* (ADE) si les recherches sont menées par des *entreprises indépendantes en concurrence*. Mais l'apprentissage peut tout aussi bien être la

résultante de l'accroissement permanent de savoir-faire dans la production, selon la théorie de *l'apprentissage par la pratique* (AP). Il s'agit alors de l'approfondissement du « *patron* » (design) *dominant*. Au contraire, les *apprentissages par l'usage* (AU), plus volontiers extensifs, proviennent d'un *effet induit*, suscité par les utilisateurs qui font eux-mêmes évoluer leurs caractéristiques d'usage. La trajectoire technologique caractéristique d'évolutions « *tirées par la demande* » est alors largement imprévisible.

L'effet cumulé des apprentissages localisés conduit, à moyen terme, à *l'évolution de la morphologie*, ce qui correspond à un *niveau différent d'apprentissages*, que l'on qualifiera de *morphogénétique*. Ceux-ci, bien que caractérisés de façon similaire à ceux que l'on trouve à gauche dans la figure de Foray (les apprentissages ADE et ADI), sont en fait sur un plan différents, car ils participent à des *ruptures morphologiques*. Ces ruptures sont *révolutionnaires* selon la terminologie d' Abernathy Utterback, dans la mesure où elles changent à la fois le *rapport au marché* et les *conditions de production* . Par exemple, le réseau Télétel, et plus tard les couches basses de l'Internet représentent de telles ruptures morphogénétiques. Sur la figure 2-3, ils sont représentés en superposition, et on les a nommés AME et AMI¹⁸⁸. Ils se traduisent par une *mutation* des représentations « synthétiques » de l'ensemble du système technico-économique concerné. Brousseau, Petit, Phan (1996) suggèrent qu'une fois établis, les usages finissent par devenir autonomes, et peuvent "migrer" d'une technologie à l'autre. Ce principe favorise l'enchaînement des formes d'organisation technico-économique, et donc les apprentissages morphogénétiques. Dans les deux cas, l'impact se manifeste autant sur les architectures de réseau que sur les formes de marché.

Dans les périodes où une certaine stabilité dynamique prédomine, -les périodes *en régime* - les *apprentissages standardisés ADI et AP, induits par la pratique ou par les efforts de recherche intensifs, jouent un rôle important dans la valorisation des innovations technologiques et organisationnelles* (demi-plan inférieur de la figure 2-3). Dans les périodes d'épuisement d'un paradigme, avant l'apparition d'un nouveau, la capacité d'une firme à survivre dépendra de manière cruciale de l'adéquation entre la vision à long terme des dirigeants (reflétée en particulier dans leurs programmes de recherche délibérée) et les caractéristiques du nouveau paradigme qui s'imposera progressivement, par composition des trajectoires individuelles. On s'attend donc à ce que *les périodes de transition inter-*

¹⁸⁸ où M signifie « morphogénétique ».

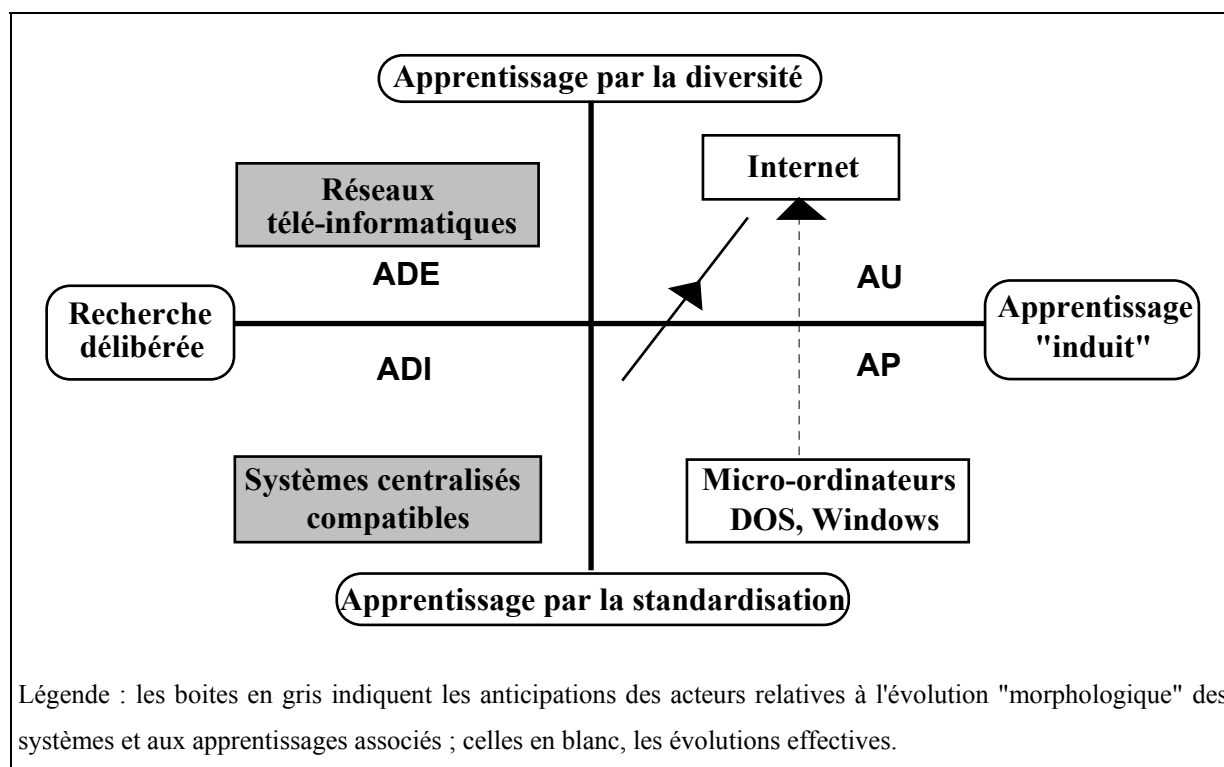
*paradigmatique favorisent les apprentissages caractérisés par la diversité (ADE et AU), fruits d'une recherche délibérée autonome ou de comportements, coordonnés ou non, d'utilisateurs (demi-plan supérieur de la figure 2-3). Dans ces périodes en effet, ce sont les apprentissages morphogénétiques qui imposent peu à peu le cadre technico-économique caractéristique du nouveau paradigme (ie. le *dominant design*, pour un produit).*

B - Changements structurels , apprentissages et erreurs d'anticipations dans l'industrie informatique

Dans l'informatique, alors qu'on se préparait à une convergence des usages, c'est une convergence fonctionnelle qui s'est imposée, prenant tout le monde à contre-pied. Apprentissages et erreurs d'anticipations peuvent s'interpréter à l'aide du schéma de la figure 2-3. *La diffusion du paradigme numérique a favorisé les apprentissages par l'usage (AU) et par la pratique (AP), au détriment des apprentissages délibérés (en particulier des ADI).*

En informatique, la *grande affaire* a été l'irruption largement inattendue de la micro-informatique (Genthon, 1998). Quasiment inexistantes au début des années 80, les micro-ordinateurs représentent depuis le début des années 90 plus de la moitié des ventes des constructeurs informatiques selon *Omsyc*. Leur impact a été immense. Face aux systèmes fermés hiérarchiques, leur flexibilité était potentiellement destructrice, de sorte que les constructeurs ont préféré traiter la micro-informatique comme une « niche » à part et ne pas l'intégrer dans leur offre système. Selon Genthon, c'est cependant parce que le PC était proposé par IBM que les entreprises lui ont fait confiance. La nature ouverte du hardware a favorisé par des apprentissages intensifs très rapides, qui ont stimulé une demande croissante et favorisé l'émergence de standards de marché bien établis. Avec l'émergence d'une industrie de compatibles PC, puis des assembleurs OEM, la diffusion des micro-ordinateurs s'est finalement réalisée rapidement. Pilotée par les leaders du marché, Intel et Microsoft, les constructeurs, assembleurs et fabricants de composants spécialisés se sont engagés dans une course à l'innovation chacun sur leurs marchés respectifs, ce qui a stimulé la demande et provoqué la baisse des coûts, malgré une amélioration continue des performances.

**Figure 2-4 : les écarts entre les anticipations des acteurs
et les apprentissages effectifs dans l'informatique**



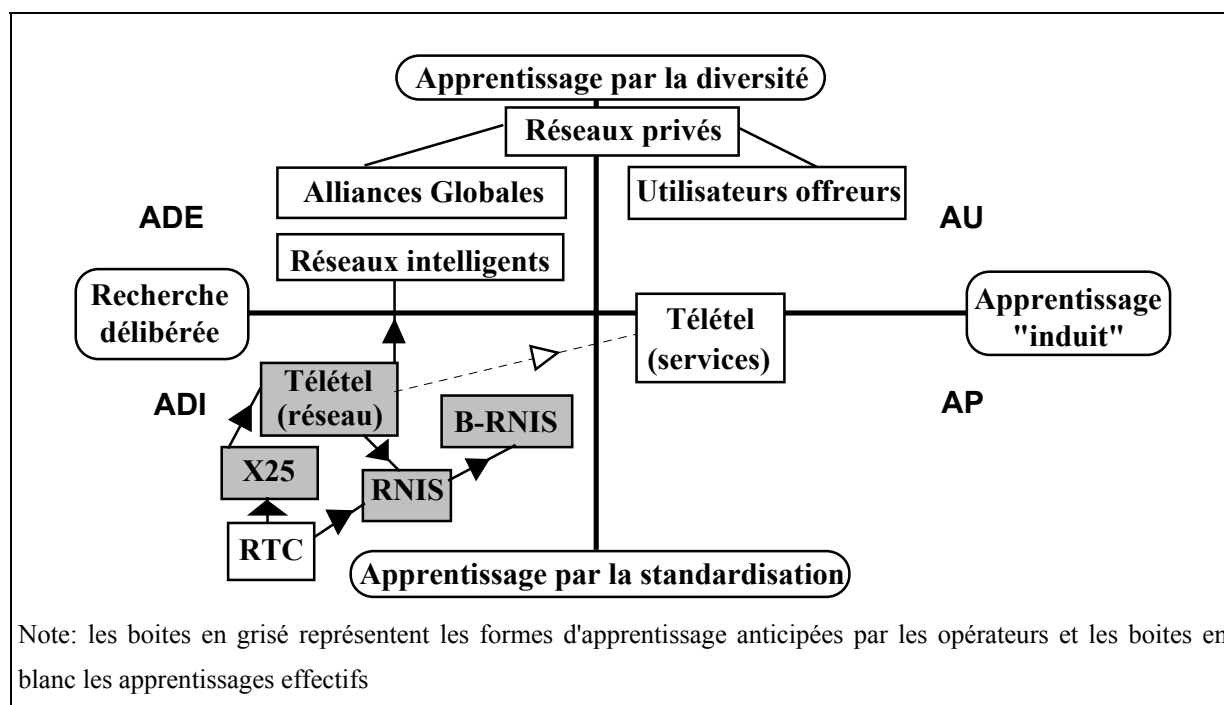
Le micro-ordinateur a d'abord bloqué la diffusion de la télé-informatique, car il s'est imposé comme solution autonome. Mais sa diffusion a finalement conduit à la mise en réseau, hors des systèmes centraux. L'apparition de *systèmes ouverts*, déjà inscrite dans l'architecture des micro-ordinateurs, s'est dans un second temps affirmée dans les réseaux informatiques, en particulier dans les stations de travail, à l'initiative de Sun microsystems, ce qui a miné la position concurrentielle des détenteurs de systèmes propriétaires (faillite d'Apollo ancien leader sur le marché des stations). Ce scénario était imprévu pour les grands acteurs de l'informatique, qui s'attendaient à poursuivre la compétition entre systèmes centralisés propriétaires, tout en allant concurrencer les opérateurs de télécommunications sur leurs marchés (IBM contre ATT). Par ailleurs, la *connectivité généralisée* des systèmes informatiques s'est réalisée grâce à un vecteur complètement inattendu, réseau *Internet* qui a suscité des apprentissages à l'usage (AU), à la périphérie du réseau. Ainsi la *connectivité ne s'est pas développée autour des apprentissages morphogénétiques intensifs pilotés par les gestionnaires de réseau*, comme le souhaitait par exemple France Télécom en promouvant le Minitel, *ni même au moyen d'apprentissages par la pratique (AP), s'appuyant sur un standard issu du marché*, auxquels étaient habitués les acteurs de l'informatique, *mais par un*

apprentissage par l'usage. La figure 2-4 montre ces écarts entre anticipations des acteurs, et réalisations effectives des apprentissages.

C - Changements structurels , apprentissages et erreurs d'anticipations dans les télécommunications.

Dans les télécommunications également, les évolutions n'ont pas été conformes aux anticipations des opérateurs, comme par exemple, en Europe, dans le domaine des réseaux multiservices (RNIS). Le réseau de service grand public Télétel s'inspirait de cette approche, mais s'adressait avant tout au marché résidentiel : il a remporté un certain succès en France dans les années quatre-vingts, mais l'expérience n'a pas été transposable à d'autres pays. Par contre, depuis le début des années soixante, on a assisté à l'émergence de grands réseaux privés, construits par des utilisateurs sur des liaisons louées aux opérateurs, organisés autour d'applications propriétaires et spécifiques, gérées par des informaticiens. Les apprentissages par la diversité prédominent (plan supérieur de la figure 2-5). Il peut y avoir une forte composante d'apprentissage par l'usage (AU), comme en témoigne le cas de la SITA ou d'Air France, qui, d'utilisateurs de réseau privé, sont même passés au rang de prestataires de services. On les appellera désormais utilisateurs - offreurs. A l'inverse, bon nombre de grandes multinationales tendent de plus en plus à refuser de prendre elles-mêmes en charge cet apprentissage, et à confier la gestion de leur réseau privé à un tiers, en recourant à l'infogérance (facilities management). Dans ce cas, la définition des architectures de réseau provient assez largement d'assemblages « sur mesure », au cas par cas, à partir des composantes fonctionnelles disponibles sur le marché. Il y a glissement vers des apprentissages morphogénétiques extensifs (AME) chez certains grands opérateurs mondiaux, en particulier depuis la fin des années quatre-vingts, où se sont développées des offres sur mesures et des démarches marketing mieux à même de tirer parti des apprentissages par l'usage chez les utilisateurs. Les alliances globales, témoignent également d'une volonté d'adaptation des opérateurs à la demande de ces grands clients (Vialle, dans Brousseau, Petit, Phan, 1996).

Figure 2-5 : Ecarts entre anticipations et apprentissages effectifs dans les télécommunications



Par ailleurs, les *Architectures de Réseau Intelligent* (ARI) facilitent l'adaptation par les opérateurs des performances intrinsèques à la diversité des caractéristiques d'usage. Un réseau "intelligent" est ainsi constitué d'éléments reconfigurables à la demande des utilisateurs, grâce à une *architecture modulaire* qui sépare les fonctions d'exploitation et les services et rend ainsi l'offre indépendante de l'infrastructure. L'ARI ouvre la voie à deux types de conception architecturale. D'une part, une conception "fermée", tournée vers le maintien de l'avantage concurrentiel de l'opérateur à travers le contrôle des apprentissages clef à son seul profit¹⁸⁹. D'autre part, une conception « ouverte », fondée sur des interfaces standard qui permettent un élargissement des apprentissages par l'usage, tend à s'imposer dans le cadre d'interconnexion généralisé issu du processus de libéralisation.

Finalement, la figure 2-5 souligne l'ampleur de l'écart entre les anticipations d'évolution par les opérateurs et les réalisations effectives. Un tel écart peut être expliqué par deux

¹⁸⁹ L'ARI contribue à différencier les services et donc à réduire la pression concurrentielle. La capacité de développer rapidement de nouveaux services constitue un élément clef pour la compétitivité de l'opérateur; mais suppose la maîtrise d'actifs spécifiques importants, en particulier dans le domaine de l'ingénierie informatique.

considérations. D'une part, les architectures de réseaux constituent un cadre qui peut favoriser, ou au contraire pénaliser certaines formes d'apprentissages¹⁹⁰.

2.3.2. Comment la diffusion du « *paradigme numérique* » remet en cause la nature des marchés et des activités : l'exemple du « *logiciel libre* »¹⁹¹

Dans cette section, on discute plus en détail les conditions de la transition structurelle dans l'industrie informatique. En particulier on met l'accent sur la notion de « système ouvert » par opposition aux « systèmes fermés » de l'ancien régime de l'informatique, et on examine la question des « logiciels libres » comme une remise en cause de la nature des marchés informatiques caractéristique de la diffusion du « paradigme numérique » dans les industries des TIC.

Les logiciels « *libres* » sont des logiciels dont le code source (c'est-à-dire la codification initiale dans un langage de programmation) est disponible, modifiable et re-distribuable par les utilisateurs. Une des finalités de ces logiciels est en effet de permettre un mode coopératif de développement et d'amélioration. Des licences spéciales servent à protéger les logiciels dont le code source est ouvert, contre une privatisation toujours possible à partir d'un logiciel du domaine public. C'est le cas par exemple de la *Licence Publique Générale* (GPL) proposée par la *Free Software Foundation* (FSF), qui interdit de manière irréversible à quiconque d'ajouter des limitations au mode de diffusion prévu par la licence.

A - La nature économique spécifique du logiciel

Par certains côtés, bien que la « production » de code source pour logiciel se différencie de l'innovation, un logiciel est également dans une certaine mesure *une production de connaissances* et comme tel, concerné par le débat ouvert par Arrow (1962)¹⁹². Du point de

¹⁹⁰ Ce point est examiné dans la section suivante de l'article. nous ne le présentons pas ici, dans la mesure où les principaux éléments seront repris plus loin lors de la présentation détaillée du réseau Télétel et de l'Internet.

¹⁹¹ Cette section doit beaucoup aux compétences de Christian Genthon, que je remercie vivement pour le savoir qu'il m'a transmis. Les éléments présentés ici sont tirés de Genthon, Phan (1999) et de Jullien, Phan (1999).

¹⁹² Arrow suggère dans cet article que la rémunération de l'innovateur soit séparée des charges qui pèsent sur les consommateurs bénéficiaires de l'innovation. La recherche pourrait ainsi être financée par des organismes

vue économique, le logiciel possède en particulier certains des attributs qui caractérisent les « biens publics ».

D'abord, l'usage d'un logiciel par un individu n'exclue pas d'autres utilisateurs, qui peuvent faire également usage de ce même logiciel en procédant à une duplication de son code (attribut de non exclusivité). Ensuite, dans de nombreux cas, l'usage d'un logiciel par un utilisateur contribue à renforcer l'utilité que les autres utilisateurs vont retirer de cette utilisation, par un *effet de club*. Cet effet externe est le produit des interactions sociales entre les utilisateurs, par exemple lorsqu'ils désirent échanger des fichiers et/ou des applications : il s'agit donc d'une valeur créée socialement, distincte de l'éventuelle valeur intrinsèque du logiciel.

Enfin, les logiciels ne peuvent pas fonctionner sans un support matériel, le « *hardware* ». Dans l'histoire de l'informatique, *hardware* et *software* ont été initialement liés sur un seul marché, celui du hardware. Comme la simple possession du *hardware* ne permet pas, seule, de produire des services utiles - les économistes disent des « *caractéristiques d'usage* »¹⁹³ - le *software* est un complément nécessaire pour la valorisation sur le marché du hardware. En conséquence, la prolifération de software permettant aux ordinateurs de produire des caractéristiques d'usage est de l'intérêt du vendeur de hardware. Dans ces conditions, la libre circulation du software entre les utilisateurs et son amélioration par ces derniers, seuls ou en partenariat avec les offreurs de matériel, a joué un certain rôle dans le développement de l'informatique naissante.

Pour des raisons liées à des processus d'innovation technico-économiques tels que la division croissante du travail ou l'évolution des technologies disponibles, on a vu apparaître progressivement des activités de production de logiciels conçus comme des produits indépendants destinés à être vendus sur le marché. Enfin, l'émergence de la mini-informatique et surtout de la micro-informatique s'est à son tour traduite par une mutation du logiciel en produit de masse : les « *progiciels* », conçus et distribués par des acteurs indépendants, dont l'archétype est Microsoft (Genthon 1995, 1998, Mowery 1996).

publics, mais également par des fondations financées par les industries. Ce type d'association sponsorisée tend à se développer dans le logiciel libre, parallèlement avec le développement purement bénévole.

¹⁹³ On se réfère ici à une approche "Lancasterienne" de l'industrie informatique proposée par Delapierre, M. Gerard-Varet, L.A., Zimmermann J.B. [1980].

B - Trajectoires technologiques et standardisation dans l'industrie informatique : quelques configurations contrastées des origines au « monde des PC »

Depuis le début de l'industrie informatique jusqu'aux années quatre-vingt, l'industrie informatique a été dominée par des systèmes fermés et propriétaires. L'industrie du logiciel, en tant qu'activité marchande spécifique, date du milieu des années 70 avec l'invention des logiciels de base pour mini-ordinateurs puis celle des progiciels, pour mini-ordinateurs, puis pour micro-ordinateurs. Au début de l'informatique, en effet, les logiciels étaient principalement co-développés par les utilisateurs et les ingénieurs mis à disposition par les constructeurs et le monde académique. Le logiciel dit « *de base* » était fourni par les constructeurs avec le matériel sans faire l'objet d'une facturation séparée. En 1969, IBM accepte de facturer séparément certains logiciels (*unbundling*), mais ceux-ci restent pour les constructeurs un moyen pour vendre du matériel. Cependant, les gains de productivité dans les équipements (20% par an sur 40 ans, selon Genthon, 1995) entraînent une boucle vertueuse de baisses des prix et d'effet d'échelle qui vient en retour élargir la demande de logiciels. On voit alors apparaître des sociétés de service et quelques éditeurs de logiciels indépendants.

Parmi les logiciels, les logiciels de base, en particulier les systèmes d'exploitation, vont jouer un rôle spécifique dans l'évolution vers une nouvelle configuration plus générique de l'industrie. L'écriture du système d'exploitation dans un langage de haut niveau sera un premier pas dans cette direction. Un tel système pourrait théoriquement être porté sur différents systèmes sans que l'on ait besoin de réécrire le programme. Seule la réécriture du compilateur serait nécessaire.

Dans une configuration basée sur des systèmes propriétaires, il n'existe pas d'incitation à produire ce type de logiciel pour une firme isolée. C'est pourquoi l'innovation est venue de l'extérieur de l'industrie informatique, grâce à des chercheurs des laboratoires d'AT&T, les Bell Labs : K. Thompson et D. Ritchie qui avaient pour objectif de réaliser un environnement système multitâches et multi-utilisateurs proche de « *Multics*¹⁹⁴ », mais plus simple, et adapté aux mini-ordinateurs. Parallèlement, D. Ritchie et B. Kernighan ont conçu un langage de haut niveau, le langage « C », qui rend Unix assez facilement portable sur différents matériels.

¹⁹⁴ Le système d'exploitation le plus avancé de l'époque, conçu par General Electric, le MIT avec la participation des Bell Labs.

Comme on l'a vu précédemment, à la suite du « *Consent Decree* » de 1956, A.T.&T. est soumis à une stricte limitation de ses activités au domaine réglementé du téléphone et ne pouvait donc avoir d'activité marchande dans des domaines tels que les composants ou l'informatique. En conséquence, la licence d'Unix est proposée à des conditions très libérales à l'Université de Berkeley : celle-ci dispose en effet du code source et de la possibilité de le modifier et de le redistribuer, le système originel restant cependant propriété d'A.T.&T. Berkeley va rapidement développer une distribution d'Unix appelée BSD qui s'est largement diffusée dans le monde académique comme on le verra plus loin¹⁹⁵.

Unix sortira lentement de sa niche universitaire aux début des années quatre-vingts grâce aux stations de travail et aux applications scientifiques. A la fin des années soixante dix et au début des années quatre-vingts, l'Université de Berkeley (avec une version d'Unix augmentée de nombreux utilitaires connue sous le nom de « Berkeley Software Distribution »), et le MIT (ou a été initialement développé *X-Windows*, l'interface graphique d'Unix, initialement du domaine public) ont donc joué un rôle important dans l'amélioration de ce système, comme dans l'expérimentation de formes coopératives, non industrielles de production, que l'on retrouve à l'origine du mouvement des « *logiciels libres* »

L'émergence du système Unix dans l'industrie est liée à la stratégie choisie par Sun pour entrer dans le marché des stations de travail, préalablement dominé par Apollo, avec un système propriétaire. La stratégie de Sun, qui a adopté une plate-forme BSD et qui, grâce à un standard ouvert, joue la compatibilité avec d'autres concurrents d'Apollo, est décrite par Garud, Kumaraswamy (1993), Genthon (1998), Shapiro, Varian (1998). Cette stratégie, fondée sur un standard partiellement ouvert aux concurrents et une entrée sur le marché par le bas de gamme, a été couronnée de succès puisque Apollo a quitté ce marché et que Sun en est devenu le leader. En revanche, la standardisation du marché autour d'une configuration unique d'Unix n'a pas connu le même succès. De nombreux concurrents de Sun ont cherché à développer leur propre version propriétaire d'Unix (par exemple AIX chez IBM), stratégie qui a finalement été également adoptée par Sun (Solaris). Malgré de nombreuses tentatives pour unifier l'univers des systèmes d'exploitation Unix, celui-ci est resté balkanisé. La possibilité institutionnelle de « *privatiser* » un certains nombres de modules logiciels a ainsi renforcé la persistance du vieux monde propriétaire, malgré la nature ouverte et modulaire du système lui-même

¹⁹⁵ Sur BSD, Cf. note 4. BSD était cédée à un prix voisin de 1000 \$, avec la possibilité de réaliser des copies des exécutable et de modifier le code source (McKusic, 1999).

De nombreuses autres tentatives pour mettre en place des normes publiques et ouvertes dans l'industrie informatique ont également échoué. Sous le régime des systèmes propriétaires, chaque concurrent cherche à imposer son propre système comme standard. Compte tenu de l'incompatibilité entre systèmes, *du faible niveau d'interconnexion réseau entre les systèmes et de l'existence de coûts d'interfaçage (gateway technologies* : , David, Bunn, 1988 ; David, Greenstein, 1990), de nombreux systèmes incompatibles sont en mesure de survivre dans une niche spécifique du marché. Dans les années quatre-vingts, le succès de la stratégie de Sun sur le marché des stations de travail souligne les avantages compétitifs que peut tirer une firme qui joue la standardisation d'un système (partiellement) ouvert contre un système propriétaire. Mais la culture des systèmes propriétaires n'a pas permis de mener cette expérience à son terme. Chaque compétiteur a essayé ce qui a empêché l'émergence d'un standard unique pour l'ensemble des stations de travail. En conséquence, l'élargissement du processus de standardisation sur une large échelle est intervenu, une fois de plus dans un domaine inattendu par les spécialistes du secteur, comme on l'a souligné dans la section précédente : la micro informatique (Genthon, 1995, Dang Nguyen, Phan, 1997, 1998).

Dans les années soixante dix, la production émergente d'ordinateurs individuels était considérée comme une activité marginale¹⁹⁶. Pour cette raison, IBM soumise à des investigations antitrust par la justice américaine a décidé de rendre « ouvert » son ordinateur personnel (*Personal Computer* – PC). Dans cet environnement institutionnel nouveau, la standardisation allait rapidement s'imposer. Coté matériel, l'architecture ouverte de l'ordinateur a joué un rôle crucial dans le processus de standardisation, autour de plusieurs familles de processeurs produites par la firme Intel.

La *modularité* des composants du PC a entraîné une spécialisation des industriels sur une ou plusieurs familles de sous-composants¹⁹⁷ (comme les cartes graphiques, les mémoires, les

¹⁹⁶ Ici encore, les représentations « *rétrogrades* » jouent un rôle crucial dans la pauvreté des anticipations des acteurs. L'incrédulité face à des potentialités pourtant imminentes de changement sont une des manifestations les plus étonnantes de ce type d'attitude. Ainsi ai-je entendu un haut responsable des services informatiques de la Direction Générale de la Poste assurer au milieu des années quatre-vingts que les ordinateurs portables n'auraient pas d'avenir car on ne savait pas faire des disques durs résistants au choc. On peut également trouver dans un manuel renommé sur les réseaux, édité dans la même période, des considérations très sévères sur le protocole IP, jugé sans avenir.

¹⁹⁷ L'industrie des composants est caractérisée par de très fortes économies d'échelle, à la fois statiques et dynamiques, mais par des économies d'envergure (scope) suffisamment faibles pour ne permettre que des

cartes-son, les disques durs, les *chipsets* etc.). Cette spécialisation a permis de développer les économies d'échelles nécessaires pour survivre dans le monde du « *paradigme microélectronique* » (Dosi, 1984), caractérisé par un rythme soutenu du progrès technique¹⁹⁸. Il s'en est suivi une baisse rapide des prix, qui n'a pas empêché des progrès spectaculaires des capacités des systèmes, associés à une forte obsolescence. La spécialisation n'a pas interdit le maintien d'une certaine diversité pour chacun des composants, où le rôle de leader n'est jamais assuré d'une génération à l'autre : il s'agit donc d'oligopoles instables. Finalement, le marché des processeurs, longtemps dominé par le seul Intel est devenu un duopole de moins en moins asymétrique ou AMD a réussi durablement à se maintenir.

La compétition acharnée dans les équipements pour PC a, en effet, profité principalement à l'industrie du logiciel où Microsoft est arrivé à se construire une domination sans partage, avec un système d'exploitation propriétaire, le MS-DOS, puis les différentes générations de Windows. Microsoft a conquis également le leadership pour les logiciels applicatifs, avec sa suite bureautique « *Office* ».

Jullien (1999) et Jullien, Phan (1999) proposent d'appeler « *monde Unix* » et « *monde PC* » les configurations techniques, économiques et culturelles propres à chacun de ces systèmes socio-techniques. Ces mondes sont, chacun dans leur cas, inachevés au sens où le degré d'ouverture de leurs différentes composantes n'est pas équivalent. L'introduction d'un système Unix dans le monde PC « *devrait contribuer à une certaine hybridation entre les deux systèmes, qui pourrait conduire à un système plus générique et globalement plus ouvert* ».

C - Des logiciels marchands aux logiciels libres

L'autonomisation par étapes d'un marché indépendant du logiciel qui a été esquissée repose sur une base juridique, acquise par un statut d'éditeur, protégée par un copyright qui permet de

diversifications proches. Si quelques producteurs de composants, comme *Creative* (initialement spécialisé dans les cartes son), *Asus* (initialement spécialisé dans les cartes-mère) et naturellement *Intel* (initialement spécialisé dans les processeurs, chipsets et cartes mères) ont pu essayer d'étendre leur leadership à d'autres composants, ils n'ont généralement pas réussi dans les années passées dans leur entreprise d'expansion vers les marchés connexes.

¹⁹⁸ C'est la fameuse « *loi de Moore* » qui s'est traduite, par exemple, par le quadruplement de la capacité des mémoires tous les trois ans, phénomène du au « *report a plat* » des composants (cf. Benzoni, Jutand, 1991).

« *privatiser* » un support trop aisément copiable. Par ailleurs, les techniques de compilation permettent de protéger le code-source (codification initiale des programmes). En pratique, les exécutables sont le plus souvent diffusés sans le code-source par les vendeurs de logiciels.

Parallèlement à ce processus de *marchandisation* du logiciel, la production coopérative avec la participation des utilisateurs de logiciel s'est toujours maintenue, et une démarche spécifique est même apparue autour de la distribution « Berkeley » du système d'exploitation Unix¹⁹⁹. En effet, la nature modulaire de ce système permet en particulier de développer de nouvelles fonctionnalités grâce à l'ajout de petits programmes, ce qui facilite la production coopérative et décentralisée et les interactions utilisateurs concepteurs. Cette démarche de coopération et de partage autour de l'Unix de Berkeley a joué un rôle important dans l'émergence du phénomène actuel des logiciels libres (McKusic, 1999 ; Stallman, 1999 ; Jullien, 1999 ; Jullien, Phan, 1999).

Le succès relatif actuel des logiciels libres est en effet lié à la fois au monde Unix et au monde des PC. En étendant les comportements coopératifs de la communauté des développeurs Unix, les logiciels libres comme le système d'exploitation Linux permettent d'accroître la part des systèmes Unix bien au-delà du marché des stations de travail. Aujourd'hui, Linux sert de support à une part significative de l'offre de service d'IBM et les systèmes de type Unix, ainsi que les logiciels libres qui tournent dans cet environnement, représentent la majorité des solutions retenues pour les serveurs de l'Internet.

L'institutionnalisation de la notion de logiciel libre doit beaucoup à R. Stallman. Développeur au laboratoire d'intelligence artificielle du MIT, il avait été choqué par les modalités d'appropriation de X-Windows par les firmes productrices de station de travail. Développé sur fonds public, X-Windows était du domaine public, ce qui signifie que n'importe quel développeur qui apporte une contribution à ce logiciel est en droit de protéger l'ensemble. Pour éviter ce type d'appropriation Stallman a voulu un type de licence qui offre une garantie contre ce type d'appropriation tout en laissant la possibilité de modifier et de redistribuer le

¹⁹⁹ Pour les utilisateurs d'Unix (et de Linux) une "distribution" désigne un ensemble composé du noyau du système d'exploitation (Kernel en anglais) et d'une sélection d'utilitaires compatibles avec ce noyau. L'Université de Berkeley avait obtenu une licence d'AT&T qui lui permettait de modifier et de distribuer le système Unix. Des informaticiens de Berkeley ont ainsi ajouté un grand nombre de fonctionnalités au système initial, et les différentes versions de ces systèmes sont connues sous le nom de Distribution de Berkeley ou "BSD" (McKusic, 1999)

code-source. En 1985, il crée la *Free Software Foundation* qui définit et consolide juridiquement la notion de logiciel libre. Un logiciel est dit « libre » si l'utilisateur peut exécuter, modifier librement et distribuer le programme dans les mêmes conditions. En pratique, le logiciel doit être fourni avec son « code-source » et les conditions de duplication sont régies par le « copyleft » (interdiction aux distributeurs d'ajouter des restrictions d'utilisation au logiciel, même s'ils ont apporté des modifications). Ce système permet de protéger un producteur de logiciel contre l'exploitation par des intérêts privés. La FSF a développé une licence permettant de protéger le logiciel libre, la *General Public Licence* (GPL), et développé un projet pour concevoir un système de type Unix entièrement libre.

D'autres approches moins restrictives existent, comme par exemple la licence « NGL » du navigateur *Mozilla* de *Netscape*. L'organisation « *Open Source* » propose une forme de certification pour toutes les licences qui offrent un minimum de garanties quand à l'ouverture du code-source et à la liberté de redistribution des programmes correspondants (www.opensource.org)

Le succès de Linux peut être attribué à au moins trois causes. Premièrement, Linux tire un avantage certain de la large diffusion des PC, liée comme on l'a vu à la nature ouverte et modulaire des équipements et aux baisses de coûts induites par la rapide évolution technique correspondant au « *paradigme micro-électronique* ». Deuxièmement, aucun producteur n'est parvenu par les moyens industriels traditionnels à remettre en question la position dominante de Microsoft dans les systèmes d'exploitation (cf. par exemple IBM avec OS2). Il est de leur intérêt de tirer parti de l'existence d'un système à la fois libre et fiable. Pour ces acteurs, le coût de sponsoriser un logiciel libre est clairement inférieur à celui de développer leur propre solution propriétaire. Comme Linux n'est contrôlé par aucun concurrent potentiel, adopter Linux n'entraîne aucune concession d'avantage compétitif à un concurrent. En fait, le principal frein à l'adoption de Linux par les constructeurs restait la politique commerciale restrictive de Microsoft vis à vis des assembleurs de PC (OEM), qui a finalement été condamnée par la justice. Mais dans le monde du service une telle restriction n'a jamais joué. Troisièmement, l'Internet a joué un rôle central dans la conception coopérative et décentralisée des logiciels libres et dans leur diffusion, en particulier dans le cas de Linux. Au début de son histoire, Internet était un réseau d'informaticiens et de chercheurs financés par le gouvernement fédéral américain (ARPA, NSF). Les principaux outils de l'Internet (les serveurs les plus utilisés, comme Apache, Sendmail etc., une partie des logiciels clients, navigateurs, messageries etc.) appartiennent eux-mêmes majoritairement au monde du logiciel

libre. Pour notre propos, Internet permet surtout des échanges de fichiers informatiques à travers le monde d'une manière simple et facilite le travail coopératif à distance. C'est cette fonctionnalité qui va être saisie par les informaticiens pour développer une méthode originale de fabrication du logiciel.

L'Internet a fait franchir à la production de logiciel libre un seuil critique. En effet, l'interaction entre producteurs et utilisateurs qui permet le partage des connaissances existait déjà dans le monde Unix mais elle était très localisée. Le développement de l'Internet permet une multiplication et une globalisation des interactions. (*Terminal*, 1999).

2.3.3. Emergence contingente et production de complémentarités systémiques : le cas de l'Internet²⁰⁰.

Si les Logiciels libres ont beaucoup profité de l'Internet, l'inverse est aussi vrai, puisque de nombreux logiciels libres sont utilisés sur le réseau. Les principaux médiateurs de cette synergie sont des utilisateurs sophistiqués présents à la fois dans les groupes de discussion ou les programmes de travail qui font progresser l'Internet et dans ceux qui jouent un rôle similaire pour les logiciels libres.

Plus généralement, l'Internet a largement profité du besoin de connectivité résultant de la large diffusion des ordinateurs individuels, PC et stations de travail. Cette famille de protocole est bien adaptée à une architecture où l'intelligence se trouve localisée à la périphérie, ce que permettent les stations de travail et les PC dotés de systèmes d'exploitation récents, comme les versions de Windows disponibles pour les professionnels (NT-2000...) ou le grand public (95, 98, Me, XP...) depuis le milieu des années quatre vingt dix. Le faible coût des routeurs permet leur adoption par de petites organisations et les réseaux d'acheminement coopératifs peuvent en partie s'émanciper des opérateurs historiques, même si ces derniers conservent largement la gestion des réseaux d'interconnexion et de transport à longue distance (les « *backbones* »). Au début des années quatre-vingts, la configuration technico-économique qui s'est progressivement imposée dans les vingt années suivantes n'a pas été perçue par la plupart des acteurs majeurs des secteurs concernés Dang Nguyen, Phan (1997) (1998). Comme les dirigeants d'IBM, qui n'avaient pas perçu la place que prendraient les PC ou ceux de Xerox qui n'ont pas su voir l'intérêt de la souris et des interfaces graphiques conviviales, les opérateurs de télécommunications n'ont

²⁰⁰ Cette partie comprend des éléments tirés de Dang Nguyen, Phan (2000)

pas vu ou n'ont pas voulu croire à l'intelligence répartie. Ceci étant dit, il convient de remarquer que jusqu'à la fin des années quatre-vingts, rien n'est joué. Le protocole X25 du CCITT s'est imposé comme le protocole de référence pour les WAN (*Wide Area Networks* – grands réseaux de données), et aux débuts des années quatre-vingt-dix, opérateurs de télécommunications et fabricants informatiques coopèrent autour des réseaux ATM. Les fonctionnalités de ce protocole conçu avant tout pour les opérateurs de télécommunications sont largement supérieures à TCP/IP, qu'ATM sait en particulier simuler²⁰¹, tout comme de nombreux autres protocoles. Brousseau Petit, Phan (1996) ont vu dans ATM un support d'une convergence générique informatique \ télécommunication²⁰². Ce rôle est maintenant tenu par IP.

A - L'émergence de l'Internet : un phénomène contingent favorisé par des complémentarités systémiques.

Les protocoles de l'Internet sont mis au point à partir de 1972 par Kahn et V. Cerf. L'équipe de Cerf à Stanford propose une première spécification en 1974. En 1980, la DARPA décide de mettre les protocoles TCP et IP dans le domaine public. L'usage de ces protocoles sera généralisé par *ARPANET* en 1982. En 1983 la *DARPA* sépare la composante militaire (*Milnet*) de l'*ARPANET*, qui devient la « dorsale » des réseaux de la communauté scientifique. En 1986, la *National Science Foundation (NSF)* prend en charge le réseau et en confie l'exploitation au *MERIT (Michigan Education & Research Infrastructure Triad)* qui sous-traite avec *MCI* (infrastructures) et *IBM* (routeurs). Ainsi, dès l'origine, Internet est une initiative qui bénéficie du soutien public.

Pour comprendre en quoi le soutien public a été important pour ce système technique, il faut savoir que les administrations des télécommunications avaient élaboré leur propre protocole de manière coopérative dans le cadre de l'instance technique de l'IUT, le CCITT. A partir de 1976, la recommandation « X25 » du CCITT, proposée par le CNET est adoptée par de nombreux opérateurs publics. La logique des deux types de réseaux est strictement opposée.

²⁰¹ Aujourd'hui une grande partie des données IP sont transportées en fait par les réseaux *backbones* ATM des carriers Internet (les paquets IP sont « encapsulés » dans les paquets ATM)

²⁰² Au milieu des années quatre-vingt-dix, le coût d'une carte ATM pour PC était peu supérieur à celui d'une carte *fast Ethernet* (100 Mbit/s). Ici encore, ce sont les rendements croissants d'adoption qui ont joué un rôle central. L'adoption rapide de la technologie *fast Ethernet* par les réseaux d'entreprise a permis une baisse spectaculaire des coûts de fabrication et donc des prix. ATM s'est donc trouvé relégué loin des utilisateurs finaux, dans les réseaux de télécommunication et dans les *backbones* des grandes entreprises.

Pour les opérateurs, il s'agissait de reporter dans le réseau les fonctionnalités du système. En particulier, ils souhaitaient que les utilisateurs puissent se connecter directement.

Selon Abatte (1994), les opérateurs européens firent des pressions considérables sur les constructeurs d'équipements pour qu'ils fournissent des composants matériels et logiciels afin d'offrir sur les machines des accès directs à X25. Pour cet auteur, les opérateurs n'avaient pas anticipé que des systèmes de réseaux hétérogènes pourraient s'imposer et que les utilisateurs pourraient désirer accéder à plusieurs protocoles depuis leur machine. Pour comprendre cette erreur d'anticipation, il faut avoir à l'esprit l'environnement de l'époque tel qu'il a été décrit dans la première section de ce chapitre sur les apprentissages. A l'époque, personne n'anticipait la notion d'ordinateur personnel et les opérateurs comme la majorité des constructeurs avaient plutôt en tête l'idée d'une informatique centralisée avec des terminaux déportés, comme on le confirmera avec l'exemple de l'architecture du réseau Télétel (le Minitel). Au début des années quatre-vingts, les spécialistes réseaux des opérateurs étaient encore persuadés de la supériorité technique de leur solution sur TC/IP comme on peut en avoir confirmation à la lecture de certains ouvrages techniques de « téléinformatique ».

Finalement, la souplesse de la solution Internet, l'emporta sur les solutions concurrentes, mais il faut bien voir que sans le soutien des fonds publics, cette technologie n'aurait pas été viable. Deux éléments complémentaires peuvent expliquer ce succès. Premièrement, l'architecture ouverte de l'Internet et sa nature « publique » ont largement facilité les apprentissages à l'usage. De plus, L'architecture ouverte et modulaire d'Internet favorise les *apprentissages morphogénétiques extensifs* en faisant du réseau un vaste marché de solutions concurrentes candidates pour devenir un nouveau standard. Deuxièmement, le réseau est entré en synergie avec d'autres innovations comme les PC, L'Unix et les logiciels libres pour former système.

Du coté des apprentissages morphogénétiques, la diffusion de l'Internet a été accélérée par l'apparition du *World Wide Web (WWW)*. L'initiative de ce service remonte à 1989 et revient à Tim Berners-Lee, alors au *CERN* (Centre Européen de Recherche Nucléaire). Il s'agit d'une méthode souple et complètement distribuée d'accès à l'information, fondée sur l'utilisation d'un système « *hypertexte* », où les informations sont reliées par « *liens* » matérialisés par des pointeurs qui renvoient à d'autres informations. Ce système est structuré grâce au langage de présentation « *html* » (*HyperText Markup Language*) et grâce au protocole « *http* » (*Hypertext Transfer Protocol*). En août 1991, un projet World Wide Web est ouvert à la discussion sur l'Internet. Il se diffusera rapidement (www.w3.org/History).

Cet exemple montre que la *caractéristique essentielle d'Internet est que les performances et services du réseau peuvent être améliorés de manière décentralisée par les utilisateurs*, grâce à la conception *ouverte et modulaire* de l'ensemble du système. Chacun peut proposer des applications au suffrage de tous, pour autant qu'elles restent compatibles avec les protocoles TCP/IP, ou avec d'autres services du réseau.

Rapidement, le Web est complété par un ensemble : serveur et interface - utilisateur. Cette dernière, *gratuite, ouverte et conviviale* est disponible dès 1993 sous le nom de *Mosaic*. Développé par des étudiants du *NCSA* à l'Université du Michigan, *Mosaic* est l'ancêtre direct du logiciel des « *navigateurs* » actuels - encore appelés « *butineurs* » (browsers). Son inventeur créera ensuite Netscape. Quant au développement ultérieur du serveur du *NCSA*, il est poursuivi par une organisation non commerciale *Apache*, dont le serveur équipe en 1999 plus de 50% des sites web (www.netcraft.co.uk/Survey). Son évolution est dorénavant normalisée par une organisation non gouvernementale, le W3 consortium.

Un grand nombre d'informations et de logiciels (navigation, consultation) destinés à améliorer les performances des terminaux raccordés est ainsi mis à la disposition des utilisateurs, le plus souvent gratuitement ou à un faible coût. A partir de 1993, grâce à ses services et à sa couverture mondiale, Internet a désormais tous les atouts pour devenir la référence pour les services d'information. Le développement fondé sur l'ouverture, la contribution volontaire et l'adoption collective continue de faire évoluer rapidement le réseau et constitue, en quelque sorte, une *dynamique auto-entretenu*.

B - De l'Internet originel au réseau planétaire

Au début des années quatre-vingt-dix, des réseaux commerciaux, sont autorisés à s'interconnecter à leurs propres frais et en respectant " l'Acceptable User Policy " (*AUP*), code de bonne conduite édicté par la NSF. C'est le cas de deux fédérations de réseaux commerciaux gérant des « *dorsales* », l'*ANS* (1990) et le *CIX* (1991). Dès 1991, la moitié des « *hosts* » (serveurs) sont d'origine commerciale ; cette proportion passe à 80% en 1993, lors de l'introduction des services du *World Wide Web (WWW)*.

A partir du moment où il n'est plus nécessaire d'être connecté au réseau de la *NSF* pour accéder à Internet, celui-ci se diffuse rapidement aux Etats-Unis. Internet concerne maintenant deux types de populations. Les « *utilisateurs sophistiqués* », dont certains ont été le moteur de l'Internet originel, sont à la fois utilisateurs et fournisseurs d'informations. Les autres accèdent

aux service de l'Internet dans le cadre de leur travail ou dans leurs loisirs. Avec les effets d'apprentissage, certains peuvent devenir utilisateurs sophistiqués.

Bon nombre de ces derniers participent au développement de l'Internet, soit en intégrant dans leurs sites les nouveaux services offerts par d'autres, soit en participant eux-mêmes à la mise au point ou au développement de ces outils. Le temps qu'ils consacrent à l'Internet peut être financé par leur activité principale (chercheurs, *webmasters* et administrateurs de réseau, informaticiens) ou encore pris sur leur temps de loisir. La liberté d'accès à l'information, la réciprocité, la gratuité sont pour eux des caractéristiques fondamentales du réseau et ils respectent une convention de comportement - la « *netiquette* » - qui leur est propre. Ils sont farouchement attachés au maintien de nombreuses activités non marchandes sur le réseau.

Les usages de l'Internet pour les utilisateurs « *non sophistiqués* » dans le cadre professionnel sont multiples. Initialement, certains souhaitent communiquer avec la communauté académique, bénéficier de « *l'effet club* » associé au courrier électronique gratuit. Puis, ils trouvent avec le Web l'opportunité de s'informer pour la veille technologique, marketing ou concurrentielle. Les entreprises recherchent ensuite un moyen supplémentaire de communiquer avec leurs clients ou leurs partenaires grâce à l'ouverture d'un « *site* » pouvant déboucher sur le « *commerce électronique* ». Enfin, grâce à leur faible coût, les technologies et les services de l'Internet permettent aux entreprises de se constituer un système d'information intégré à bon marché. La large diffusion de ces protocoles, leur permet aujourd'hui d'assurer l'interconnexion de réseaux locaux hétérogènes (*Ethernet, AS400, Vax, DECnet, Appletalk, Netware...*). Elles peuvent ainsi déployer des réseaux d'entreprise (Intranet) étendus le cas échéant (Extranet) et des systèmes d'information clients - serveur basés sur l'Internet, ce qui se traduit par une pénétration croissante de ces technologies dans le monde professionnel et représente un enjeu majeur pour les offreurs.

Parmi les ménages, nombreux sont ceux qui ont un rapport de « *consommateur* » avec le réseau où ils cherchent avant tout des services utiles, dont on trouve une préfiguration en France avec le Minitel. Mais une participation plus active peut se traduire par la publication de pages web personnelles et la participation active à des forums de discussion.

Internet pourtant a dû s'imposer face à des solutions alternatives, comme en France le Minitel. Aux USA, des services d'information « *en ligne* » commerciaux existaient également dont les plus connus étaient *Prodigy, America On Line, CompuServe*. Leurs propriétaires étaient réticents à s'interconnecter avec Internet, car ils faisaient payer à leurs abonnés l'accès

à l'information et voyaient d'un mauvais œil l'existence du « *Net* », où la plupart des informations et des services sont disponibles gratuitement. A partir de 1995, face au succès croissant de la « *Toile* », ces services en ligne se résolvent finalement à fournir des passerelles d'accès. Même *Microsoft*, malgré sa base installée sur les PC est obligé de jeter l'éponge et transforme son projet de service en ligne « *MSN* » (*Microsoft Network*) associé au système d'exploitation *Windows 95*, en simple fournisseur d'accès à l'Internet. A la même époque, la *NSF* se retire de l'exploitation et se consacre uniquement à l'infrastructure publique. Désormais l'Internet est devenu indispensable pour accéder à l'information en ligne ouverte au public.

C – Les éléments clés de la dynamique de développement de l'Internet

Du point de vue technique, Internet est complètement modulaire et constitue donc un réseau « *ouvert* ». Il repose sur la simple interconnexion de réseaux. L'intelligence est distribuée et principalement localisée à la périphérie : dans un premier temps (le réseau académique) chez des utilisateurs sophistiqués qui fournissent eux-mêmes informations et services, puis dans un second temps, chez les acteurs du commerce électronique et les fournisseurs de services intermédiaires. L'architecture du réseau ne distingue pas les terminaux qui sont interconnectés au réseau en fonction de leur rôle : tout internaute peut être potentiellement fournisseur et consommateur d'information.

Du point de vue des usages, Internet favorise la diversité des services offerts par de nombreux prestataires sur le même réseau. Celui-ci devient une « *agora* ». En conséquence, il se crée un *club* de masse par juxtaposition de petits clubs spécialisés (un usage d'origine anglo-saxonne identifie ces clubs à des communautés).

Du point de vue économique, l'ensemble des utilisateurs bénéficie des rendements d'échelle associés à l'usage d'une plate-forme commune. Les coûts moyens par utilisateur seront d'autant plus faibles que le club est large.

Le succès d'Internet peut être attribué à la convergence de nombreux facteurs, parmi lesquels : la localisation de l'intelligence à la périphérie du réseau, l'ouverture et la modularité qui permettent la mise en place d'une dynamique de l'innovation fondée sur l'initiative individuelle, l'auto-organisation, la coopération et la sélection compétitive des services par les utilisateurs. En outre, l'Internet doit également son décollage à la diffusion massive des ordinateurs personnels qui créait de nouveaux besoins de connectivité et de nouvelles opportunités technologiques.



Magritte

Chapitre 3. Du marché comme équilibre d'un système technico-économique « situé » au marché comme système social interactif et cognitif complexe.

Introduction - Qu'est-ce qu'un marché ?

Alors que le marché est l'objet d'étude central des économistes, peu d'auteurs se sont penchés sur sa définition, comme le soulignent par exemple Hodgson (1988) ou Auerbach (1990). « Pour expliquer cette carence De Vorey (1990) souligne que nombre des développements de la théorie économique se sont concentrés sur les questions de l'existence, de la viabilité, et de l'efficacité des marchés, délaissant la dimension processus et se privant ainsi de pouvoir saisir le rôle dynamique de la concurrence » (Petit, 1991, 1996).

Dans la présentation standard du marché, celui-ci apparaît comme la rencontre synchronique d'une offre et d'une demande représentant les comportements agrégés des consommateurs et des producteurs. *Les dimensions organisationnelles, institutionnelles, et cognitives* du marché sont évacuées de ce principe d'ajustement de l'offre et de la demande. Cette approche standard suppose en particulier que les marchés sont clairement délimités, avec des produits parfaitement distincts et identifiés par des consommateurs aux préférences données (approche « *marshallienne* » dite en équilibre partiel).

Dans une présentation à la fois plus récente et plus sophistiquée, que l'on qualifiera avec Favereau (1989a) de *Théorie standard élargie*, des modèles qui utilisent la théorie des jeux permettent d'expliquer par les comportements stratégiques des offreurs la genèse de ces marchés différenciés. Mais ceux-ci peuvent être considérés comme des constructions optimales ex-ante, puisque le processus historique de constitution du marché lui-même n'est généralement pas significatif pour les résultats obtenus, et donc peut être éludé. Dans la majorité de ces modèles en effet, l'information dont disposent les acteurs sur l'avenir est le plus souvent considérée comme complète et les anticipations sont auto-réalisées à l'équilibre (modèles d'économie industrielle avec jeux en deux étapes, ou jeux répétés actualisés sur un horizon infini (cf. Tirole, 1988, pour une présentation de cette littérature). L'ensemble des décisions concernant le marché peuvent donc être considérées comme prises préalablement à son ouverture (ex ante), et le fonctionnement de celui-ci n'apporte aucune nouvelle

information susceptible de faire revenir les acteurs stratégiques sur les décisions prises. En conséquence, le résultat (*ex post*) ne pourra qu'être conforme aux attentes des acteurs.

*

Pour justifier le concept de marché retenu dans ce programme de recherche, nous passerons d'abord en revue les extensions du modèle standard élargi qui prennent en compte les spécificités techniques et sectorielles des marchés considérés (plus précisément l'informatique et les réseaux). Il s'agit en particulier de *l'association entre marchés et architectures technico-économiques*, et de *la prise en compte de la nature modulaire de la formation de l'offre comme de la demande* de biens et services. Nous évoquerons ensuite les conséquences de l'introduction d'une incomplétude de l'information pour le fonctionnement des marchés : processus dynamique, social, cognitif, inséparable de la forme d'organisation associée nécessaire à son fonctionnement. Enfin, nous terminerons ce tour d'horizon par une confrontation avec la vision du marché dans la sociologie économique.

A - Le problème de la réglementation des marchés associés à des réseaux de communication : principalement une question de périmètre.

Depuis les années soixante-dix, une grande partie des principales discussions autour de la notion de marché dans les télécommunications (y compris les débats sur la question du « *monopole naturel* », cf. Baumol, Panzard, Willig, 1982, Sharkey, 1982) peuvent être rattachés à une *définition du marché par son « périmètre »*. Cette définition des marchés est en effet *nécessaire à la régulation du secteur* (Curien, 2001 ; Dang Nguyen, Phan, 2000, Laffont, Tirole, 1993, 2000). Dans les années soixante-dix et quatre-vingts, lorsque les opérateurs se trouvaient en situation de monopole, il s'agissait de délimiter les domaines respectifs du monopole et de la concurrence : c'est toute la discussion sur l'impossible partage²⁰³ entre les « *services à valeur ajoutée* » (fondés sur le traitement des données), supposés être par nature concurrentiels et les services de téléphonie vocale, encore qualifiés de services « *de base* », supposés être des « *monopoles naturels* ». Cette question est désormais obsolète, avec « *l'unbundling* » (qui décompose les réseaux en « *briques de bases* »

²⁰³ Avec la libéralisation complète du marché des équipements terminaux, il est *techniquement possible* au client de transformer des services vocaux en « *données* » et de leur faire subir des traitements pour économiser les moyens de transmission, comme la compression. Seule une règle juridique peut alors protéger la téléphonie vocale, en imposant de différencier la *voix* et les *données*. Cf. les différents *Computer inquiry* aux USA, in Brousseau, Petit, Phan, p.36-38, Phan, 1995 p. 347 sq. Dang Nguyen, Phan 2000, p.7.

accessibles à la concurrence) et l'ouverture généralisée à la concurrence qui trouvent leur point d'orgue dans le *dégroupage* de la boucle locale²⁰⁴. La question du périmètre du marché se pose désormais dans le cadre de la régulation de la concurrence, sous la forme du « *marché pertinent* », lorsqu'il s'agit par exemple de déterminer si un opérateur est *puissant*. En France, par exemple, SFR, qui détient plus de 25% du marché de la téléphonie mobile est soumis au contrôle des prix, car il est considéré comme un opérateur puissant sur ce marché de référence. Si l'ensemble des services de téléphonie vocale (mobile + fixe) était le marché pertinent, il ne serait plus considéré comme tel. Au total, cette approche en terme de périmètre concerne surtout l'économie de la réglementation et la politique de la concurrence. Avec l'évolution technologique et la modularisation croissante des réseaux, le découpage des marchés passe également par une perspective technico-économique.

B - Du découpage "techno-économique" des marchés à l'organisation technico-économique du réseau en "place de marché" : les marchés considérés comme une architecture technico-économique.

Dans un certain nombre d'articles conceptuels publiés à la fin des années quatre-vingts et au début des années quatre-vingt-dix, Curien et Gensollen (1987,1989, 1992) ont proposé un *découpage technico-économique* des réseaux aux termes duquel chaque composant technique du réseau (distribution, transport, acheminement, services d'information) était identifié par ses propriétés économiques spécifiques auxquelles correspondaient différentes architectures possibles pour la séparation des acteurs qui contrôlent ces composants comme pour leur rattachement à une structure concurrentielle ou monopolistique.

D'une manière complémentaire, les travaux plus formels de Henriet, Volle(1987) et de Phan (1992,1993,1995) sur les réseaux multiservices et le réseau Télétel ont souligné l'efficacité (relative et *historiquement située*) de l'architecture de Télétel. Dans cette architecture de réseau, l'opérateur de télécommunication a le « *monopole technique* » sur les infrastructures, et transforme le réseau en « *place de marché* » en se plaçant en situation d'intermédiation entre les clients et les fournisseurs de services, qui sont en concurrence. Cette position d'*intégrateur* permet alors à France Telecom de *créer un marché de masse à partir de l'agrégation de marchés de niche*, de tirer parti de sa fonction facturière (la fameuse

²⁰⁴ C'est à dire l'ouverture du réseau local aux concurrents de l'opérateur historique au plus près du client, dans la zone de « coût fixe » où chaque client peut être identifié par une connexion physique qui lui est attribuée.

« *taxation arrière* »²⁰⁵ (en bénéficiant d'économies d'envergure en facturation, comme par la mise en œuvre du *kiosque*, qui permet de réaliser d'importantes économies de transactions). Il s'agit également de créer *l'effet d'engagement* nécessaire pour amorcer la dynamique de diffusion. Dans le modèle de Henriet, Volle (1987), l'optimalité de l'architecture du réseau multiservice résulte de la conjonction de l'hypothèse de *rendements d'échelle dans l'activité d'exploitant de réseau*, et celle de *déséconomies d'envergure dans la production des services*. Dans les modèles que l'on présente dans ce chapitre, une boucle vertueuse engendre des rendements croissants d'adoption. Ceux-ci résultent d'une dynamique auto-renforçante entre la préférence des utilisateurs pour la diversité des services, la profitabilité (potentielle) pour les fournisseurs de services de l'existence d'une large base d'abonnés au réseau, et l'effet positif sur les coûts et les prix des rendements d'échelle croissants de l'opérateur de réseau.

La comparaison qualitative Télétel-Internet proposée par Dang Nguyen, Phan (2000) montre le caractère contingent, *techniquement et historiquement spécifique*, du système Télétel. Le Minitel, par exemple a été conçu comme un terminal bon marché à une époque où le règne des grands systèmes informatiques semblait encore sans partage, alors que l'Internet a largement profité de la diffusion massive des ordinateurs personnels qui ont créé de nouveaux besoins de connectivité et de nouvelles opportunités technologiques, comme on l'a montré au chapitre précédent. Cette comparaison pointe également les insuffisances en dynamique du système Télétel, comme par exemple son faible potentiel en innovations, lié à la limitation des apprentissages à l'usage par le système de tarification au temps de connexion, ou encore aux faibles performances de cette architecture pour favoriser l'évolution technologique (Phan, 1996, Dang Nguyen Phan, 2000, chapitre 6). A l'inverse, le succès d'Internet peut être attribué à la convergence de nombreux facteurs technico-économiques, parmi lesquels : la localisation de l'intelligence à la périphérie du réseau, l'ouverture et la modularité qui permettent la mise en place d'une dynamique de l'innovation fondée sur l'initiative individuelle, des formes de coordination qui laissent une large place à l'auto-organisation, la coopération et la sélection compétitive des services par les utilisateurs, comme on l'a vu au chapitre précédent.

La liaison entre *architecture technologique* et *formes d'organisation économique* des marchés est certainement le principal apport des travaux cités. Leur principale limitation tient à la

²⁰⁵ On appelle ainsi la technique qui permet au point d'accès vidéotex (PAVI), situé à l'entrée du réseau de données de renvoyer (en arrière) des impulsions de taxation vers le système de taxation sur le commutateur de l'abonné (cf. Phan, 1992 p.4 bis).

faiblesse des considérations dynamiques et au caractère fruste de la formalisation des comportements des vendeurs comme des acheteurs, compte tenu des considérations technologiques invoquées. La modélisation des considérations qualitatives qui viennent d'être évoquées suppose donc à la fois des extensions et des raffinements importants du cadre conceptuel et formel. Avant de se pencher sur la prise en compte des phénomènes dynamiques, nous évoquerons dans la troisième section de ce chapitre les potentialités des raffinements proposés par Delapierre, Gérard-Varet et Zimmerman (1980) dans le cas de l'industrie informatique, puis d'une manière plus développée et plus générale par Zimmerman (1995).

C - L'information sur les marchés dans la théorie standard élargie : search, sélection adverse et risque moral.

A partir de Stigler (1961), l'économie *standard élargie* a récupéré en son sein une (faible) partie des arguments informationnels avancés par Hayek (1945), selon la perspective de la rationalité *instrumentale*, avec les modèles de « *search* ». Selon cette approche, les agents économiques procèdent à un arbitrage entre le coût du temps consacré à la recherche d'information et le coût d'adoption d'une situation non optimale. La version statique²⁰⁶ de ces modèles a été utilisée en particulier pour expliquer la dispersion des prix sur les marchés (Pratt, Wise Zeckhauser, 1979 ; Burdett, Judd, 1983 ; Diamond, 1987). Par ailleurs, Arrow (1963, 1966) et Akerlof (1970), ont introduit respectivement les phénomènes de *risque moral* et de *sélection adverse* liés à des asymétries d'information qui portent sur le comportement non observé de l'agent dans le premier cas et une propriété intrinsèque à l'objet échangé dans le second. Comme ces deux types d'asymétries sont étudiés plus loin (dans la section 3.1. - avec les modèles de régulation téléphonique), nous ne résumerons pas ici les implications de leur prise en compte pour les marchés²⁰⁷. On se limitera à souligner le rôle de ces asymétries et des stratégies de signalement (Spence, 1973) qui peuvent y être associées dans le fonctionnement des marchés (Spence, 1976, Stiglitz, 1987).

Si l'on se place dans la tradition orthodoxe de l'économie de l'information ainsi ouverte, la persistance souvent observée d'une *diversité des prix* pour un article unique de qualité

²⁰⁶ La formalisation séquentielle du problème de *search* a été initiée par McCall (1965) et généralisée par Kohn, Shavell (1974) ; cf. Hey (1979) et Lippman, McCall (1981) pour un tour d'horizon de ces modèles.

²⁰⁷ Le lecteur pourra consulter le tour d'horizon de Laffont (2000) sur les développements récents liés à la prise en compte de ces phénomènes informationnels en économie publique, et Laffont (1991b) pour une présentation des modèles de base.

précisément identifiée sur un marché donné peut trouver une première explication dans la persistance d'asymétries informationnelles et de coûts de recherche. L'existence de ces coûts de recherche, qui conduit à la dispersion des prix, est ainsi associée à une information imparfaite des consommateurs sur les prix (Varian, 1980, Salop, Stiglitz, 1977, 1982). Si l'on considère par exemple le cas du commerce électronique, qui relève de notre champ d'investigation, cet argument peut être relié à un phénomène désigné sous le terme de « *paradoxe de l'information* » : la profusion de l'information disponible soumet les consommateurs à une « *surcharge* » qui rend difficile l'obtention d'informations exhaustives et pertinentes, ce qui vient conforter l'adage « *trop d'information tue l'information* »²⁰⁸.

Si, en effet, pour un même produit, des consommateurs persistent à choisir un fournisseur à coût plus élevé, c'est qu'il existe d'autres facteurs causaux tels, par exemple, une relation de fidélité avec un fournisseur spécifique. Il s'agirait alors d'une forme relationnelle ou subjective de *coûts de substitution* (Weizsäcker, 1984) ou de « *switching costs* » (Klemperer, 1987) qui relève de la *dimension sociale de la relation marchande*. D'autres phénomènes sociaux peuvent encore favoriser les premiers installés. C'est par exemple le cas des effets de club, très présents dans la « *Nouvelle Economie* » (Shapiro, Varian, 1999), ou encore des *effets de marque*, que ce soit sous la forme d'un avantage compétitif pour les premiers entrants (Bain, 1956, Schmalensee, 1982a) ou d'une capacité à supporter d'importants investissements irréversibles préalables comme par exemple en publicité institutionnelle (Sutton, 1991). Le témoignage de Bob Young, PDG de l'entreprise Red Hat, leader des distribution Linux illustre bien ce rôle de la marque et de la réputation dans les marchés de l'Internet (Young, 1999 ; et DiBona., Ockman, Stone (eds.), 1999). Enfin, la *réputation* fait apparaître une dimension – éventuellement subjective – de différenciation verticale. Dans ce contexte, les modèles théoriques (Palma, Leruth, 1996 ; Shaked, Sutton, 1982) prédisent des résultats asymétriques, qui se traduisent notamment par une dispersion des prix pratiqués.

Un des mérites des approches standard de search pour les phénomènes de marché réside dans l'explication élégante fournie pour la dispersion des prix. Deux reproches leur ont été cependant adressés. Le premier concerne le principe même du search optimal, y compris les

²⁰⁸ Certains travaux d'Orléan (1995a, 1995b) déjà évoqués rendent compte d'un phénomène plus subtil : une prise en compte trop importante de l'information disponible sur un marché (relativement aux convictions privées des opérateurs) peuvent conduire à l'inefficacité informationnelle de ce marché. Sur cette question de l'efficacité informationnelle du marché financier, cf. également Orléan, Tadjeddine (1998).

modèles séquentiels. Pour appliquer les principes de la rationalité instrumentale, il est d'abord nécessaire de connaître au préalable les coûts et la distribution de probabilité de ce que précisément on cherche (Winter, 1964). Le second concerne l'absence de processus d'équilibration dans la formalisation d'équilibre retenue pour la plupart des modèles de dispersion des prix.

Pour une meilleure prise en compte des phénomènes dynamiques liés à l'information et à la dimension sociale de ces phénomènes, on sera donc amené à considérer, dans la troisième section de ce chapitre les marchés comme des systèmes d'information et des constructions sociales intrinsèquement dynamiques, en commençant par une évocation de la vision hayekienne du marché comme système d'information « *autonome* ». Dans ce cadre, d'autres approches, telle que celle utilisée par Weisbuch, Kirman, Herreiner (1997) pour le marché de poissons de Marseille, ou celle de Kirman, Vriend (2001) permettent d'expliquer la dispersion des prix à partir de la structure des relations sociales, comme, par exemple, la relation de fidélité avec un fournisseur spécifique, ou des représentations symboliques entre consommateurs ou entre consommateurs et vendeurs. Ces *réseaux relationnels* renvoient à des phénomènes génériques de dépendance sociale sur lesquels nous centrons notre approche dans le chapitre 4, en considérant un marché comme un *système social interactif et cognitif complexe*.

3.1. Un phénomène typiquement français : le réseau télérel

Le réseau vidéotex Télérel, plus connu sous le nom de son terminal, le « *Minitel* » est né en 1981. Il est organisé autour des trois types d'acteurs de la « *filière directe* » : l'opérateur de réseau, les serveurs et les fournisseurs de services. Dans Télérel, l'opérateur de réseau prend à sa charge la majorité des investissements irréversibles ou particulièrement longs à amortir. Il fournit aux serveurs télématiques l'infrastructure de réseau et les services « *support* » (tarification et recouvrement des recettes, qualité de service, transport et acheminement).

3.1.1. Les caractéristiques technico-économiques du réseau télérel

Le système tarifaire, fondé sur la durée et l'anonymat, est orienté principalement vers un usage grand public. Il peut inclure une contrepartie de la valeur ajoutée, reversée aux prestataires de services. Ce « *kiosque télématique* » devient « *place de marché* », pour reprendre une expression de Michel Volle. En pratique, la taxation se fait depuis le point d'accès vidéotex (PAVI), qui renvoie des impulsions de taxation vers le central téléphonique de rattachement de l'abonné (principe dit de « *taxation arrière* » - cf. Phan, 1992 p.4 bis).

Cela permet de réaliser des *économies d'envergure* sur la gestion de la clientèle : une seule facture, téléphone + vidéotex, un seul interlocuteur et le paiement est garanti. Les investisseurs privés sont incités à produire des services télématiques grâce à la perspective d'une rentabilité rapide sur un marché d'autant plus concurrentiel que le taux de rotation du capital est élevé, les investissements sont facilement reconvertibles et leur part faible au regard de la valeur ajoutée. Ainsi, l'offre de services est soumise à une large concurrence, car elle ne nécessite aucun investissement matériel lourd. En revanche, le marché des serveurs, plus capitalistique, est devenu rapidement concentré : les quatre plus importants serveurs écoulent ensemble environ 20% du trafic.

Cette formule a assuré le succès du service, puisque 6,3 millions de terminaux ont été distribués gratuitement aux Français dans les années quatre-vingt et que le chiffre d'affaires engendré par cette activité était de l'ordre de 7,8 milliards de francs en 1996, dont 6,3 milliards en recettes de trafic (3,2 milliards pour France Telecom, 3,1 pour les éditeurs du kiosque) et 1,5 milliard en abonnement et facturation directe de service²⁰⁹. Le réseau Télétel a constitué une innovation de produit qui a contribué à modifier les usages des Français. Les économies d'échelle permises par sa large diffusion en ont également fait un outil professionnel particulièrement attractif pour les PME-PMI. On assiste cependant depuis 1993 à une stagnation du chiffre d'affaires lié au trafic (7 millions d'heures de connexion par mois environ), ce qui tend à faire dire que le Minitel est arrivé dans la phase de maturité qui précède le déclin. Quelques tentatives de France Telecom pour faire évoluer le réseau, comme le Minitel à Vitesse Rapide ou le Kiosque Micro, ne rencontrent pas un grand succès.

Comparativement à l'Internet, le réseau Télétel est caractéristique d'une période révolue du début de la transition vers le « *paradigme numérique* » chez les opérateurs historiques. Ceux-ci voyaient dans les réseaux publics un support standardisé pour l'intégration des services. Certes, Télétel a été précurseur par son ouverture aux prestataires de services. Mais, contrairement à l'Internet, dont l'architecture ne distingue pas les fournisseurs de services des utilisateurs, il reste fermé pour ces derniers. De plus son architecture reste centralisée. Les offreurs de services n'ont aucune maîtrise sur les choix techniques et peu d'incitation à investir. L'opérateur lui, exerce un contrôle sans partage sur le cœur du système.

²⁰⁹ Source : AFTEL

Au milieu des années quatre-vingt-dix, la forte rentabilité des services du Kiosque fait encore de Télétel une vache à lait pour beaucoup de prestataires. Ceux-ci ont donc pris leur temps avant de migrer vers l'Internet où la consultation en ligne est gratuite. Finalement, de 1996 à 1999, les principaux fournisseurs de services de Télétel (compagnies de transport, vente par correspondance, presse et quelques symboles comme l'annuaire de France Telecom, les éditions Lamy et Dégri² tour) vont migrer vers l'Internet.

3.1.2. Tarification d'équilibre du « kiosque » et modélisation économétrique

Les caractéristiques générales du réseau vidéotex français Télétel qui viennent d'être brièvement résumées ont fait l'objet d'une étude technique détaillée dans un rapport rédigé pour la Commission des Communautés Européennes –DG XIII (stage ENST PTT – Phan, 1989). Un résumé détaillé (en anglais) de certaines parties de cette étude figure dans la première partie d'une communication présentée à the *l'International Telecommunications Society Conference*, à Sophia Antipolis en juin 1992 (Phan, 1992). Le reste de l'article est consacré à la modélisation du seul « Kiosque télétel » pour consommateurs « résidentiels » (3615). La seconde partie analyse les caractéristiques de l'équilibre de long terme du réseau. La troisième partie, présente un modèle de la dynamique de déploiement du Kiosque et des estimations économétriques sur données historiques agrégées.

A - Une nouvelle présentation des préférences des consommateurs.

Dans Phan (1992, 1993), l'externalité associée au nombre de services a été inspirée initialement par les modèles de croissance endogène de Grossman Helpman (1991) qui utilisent une fonction d'utilité CES (Dixit Stiglitz, 1977 ; Judd, 1985)²¹⁰. Pour garder une présentation proche de Picard (1988), la fonction de surplus quasi-linéaire utilisée est cependant plus générale, tout en imposant que la quantité consommée de chaque service soit la même pour tous les services²¹¹ :

$$(1) \quad V_i(S, q) = \theta_i \cdot g(S, q) - S \cdot P \cdot q - A.$$

²¹⁰ Cette fonction est explicitement présentée dans la note 21 de la page 22 de Phan (1992).

²¹¹ Cette présentation est par ailleurs fallacieuse car elle amène à considérer que le nombre de service consommé par un consommateur donné est une variable de commande.

Où θ_i désigne un indice *idiosyncrasique* propre à chaque consommateur, S le nombre de service, q la consommation par service P le prix d'une unité de service et A l'abonnement au réseau. Sous les hypothèses institutionnelles qui ont été faites dans ces modèles (le prix P est unique pour tous les services et fixé par l'opérateur qui gère le Kiosque), lorsque l'on adopte une fonction quasi-CES pour représenter les préférences, à l'optimum, la quantité consommée est la même pour tous les services: $q(h) = q(j) = q$ pour tout $h, j \in [0, S]$ et le consommateur consomme de tous les services. L'hypothèse implicite à (1) ne change donc rien aux résultats. Cependant, pour éviter toute fausse généralité, on retiendra ici une représentation explicite qui évitera de présenter le résultat évoqué ci-dessous comme une hypothèse *ad hoc*²¹² et précisera mieux le champ de validité des résultats. Les préférences des consommateurs sont donc représentées par une fonction de surplus quasi-linéaire où la disposition à payer est quasi-CES (1 bis)

$$(1 \text{ bis}) \quad V_i = \theta_i \cdot \left(\int_0^S q(x)^{\frac{\varepsilon-1}{\beta \cdot \varepsilon}} dx \right)^\beta - \int_0^S P(x) \cdot q(x) dx - A \quad \begin{array}{l} \text{si le consommateur de type } i \text{ est un} \\ \text{utilisateur des services télématiques} \end{array}$$

$$V_i = 0;$$

Sinon.

$$\text{Avec } \varepsilon > 1 > \beta > (\varepsilon-1)/\varepsilon ;$$

Comme $P(x) = P$ pour tout $x \in [0, S_t]$ (*hypothèse institutionnelle* qui sera qualifiée de « Kiosque mono-palier »), la condition marginale d'optimalité nous assure que la consommation est la même pour tous les services

$$\frac{q(h)}{q(j)} = \left(\frac{P_h}{P_j} \right)^{\frac{\beta \cdot \varepsilon}{\varepsilon \cdot (\beta-1) - 1}} = 1$$

On a donc bien :

$$q_i^d(P, S_t) \in \arg \max_q \{ \theta_i \cdot \mathcal{Q}(S_t, q) - S_t P \cdot q - A ; 0 \}, \text{ où : } \mathcal{Q}(S_t, q) \equiv S_t^\beta \cdot q^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}$$

²¹² Il s'agissait en fait d'une hypothèse *implicitement institutionnelle*. Le mérite de la nouvelle présentation est de faire apparaître cette situation comme la conséquence d'une hypothèse *explicitement institutionnelle*, à savoir que le prix fixé par l'opérateur est le même pour tous les services.

L'utilisation de l'utilité CES est en effet en général interprétée comme la traduction d'un *préférence pour la diversité*. La satisfaction du consommateur augmente ici avec le nombre de services proposés (mais à un taux décroissant avec le nombre de services). Ceci donne explicitement, *du point de vue du consommateur* « i » :

$$(2) \quad q_i^d(P, S_t) = S_t^{-\mu} P^{-\varepsilon} \left(\frac{(\varepsilon - 1) \theta_i}{\varepsilon} \right)^\varepsilon$$

en posant ²¹³ : $\mu = \varepsilon \cdot (1 - \beta)$; où μ représente l'élasticité de la demande par rapport au nombre de services, avec : $1 > \mu > 0$. La consommation par service décroît donc avec le nombre de services, mais moins que proportionnellement au nombre de services.

Considérons maintenant le *point de vue de l'opérateur*. Dans le système Kiosque, il contrôle l'ensemble du système à travers ses deux variables de commande : le montant du prix des services (payés par les consommateurs) et la rémunération des fournisseurs de services. Ces derniers ont donc comme seul choix d'entrer ou de ne pas entrer sur le marché. La première étape du problème de décision de l'opérateur consiste alors à évaluer la demande, conditionnellement à P et S. On suppose qu'il ne connaît pas l'indice idiosyncrasique θ_i de chacun des consommateurs, mais qu'il connaît la distribution de ces indices, que l'on suppose continûment distribuée sur le segment $[\theta_{\min}, \theta_{\max}]$, selon une fonction de densité $f(\theta) = dF(\theta)/d\theta$. *Du point de vue de l'opérateur*, la consommation est donc une fonction de θ :

$$(2 \text{ bis}) \quad q^d(\theta, P, S) = S^{-\mu} P^{-\varepsilon} \left(\frac{(\varepsilon - 1) \theta}{\varepsilon} \right)^\varepsilon$$

On normalise la taille de la population à un : ($N = 1$). Le nombre d'abonnés au réseau sera $M \leq N$:

$$(3) \quad M = (1 - F(\theta^*)) = \int_{\theta^*}^{\theta_{\max}} dF(\theta)$$

Où l'indice θ^* identifie le consommateur marginal juste, indifférent entre utiliser ou ne pas utiliser les services télématiques du réseau. La fonction de surplus correspondante est nulle :

$$(4) \quad \theta^* \cdot \vartheta(S, q^d(\theta^*, P, S)) - S \cdot P \cdot q^d(\theta^*, P, S) = A ;$$

²¹³ On retrouve la formulation de phan (1992) p.23 équation (6 bis)

Appelons $q^{\min} = q^d(\theta^*, P, S)$ la consommation (minimale) de ce consommateur "marginal". Sous les hypothèses que nous avons faites sur $\mathcal{Q}(\cdot)$, on peut définir θ^* comme une fonction implicite du tarif (binôme) des services télématiques (P, A) et du nombre total de services disponibles sur le réseau, $S : \theta^* = \theta^*(P, S, A)$.

La demande totale pour un *service « représentatif »*, est alors une fonction :

$$(5) \quad Q^d(\theta^*, P, S) = \int_{\theta^*}^{\theta^{\max}} q^d(\theta, P, S) \cdot dF(\theta) \quad (5)$$

On peut en déduire la demande moyenne par abonné, pour un "service représentatif" :

$$(6) \quad q^M(\theta^*, P, S) = (1 - F(\theta^*))^{-1} \cdot \int_{\theta^*}^{\theta^{\max}} q^d(\theta, P, S) \cdot dF(\theta)$$

B- L'équilibre de long terme du réseau en situation de monopole privé.

La seconde partie de Phan (1992), analyse les caractéristiques de l'équilibre de long terme pour un réseau hypothétique qui ne comprendrait que des services au particuliers. Les agents sont tous semblables sauf en ce qui concerne le niveau de leur disposition à payer qui est supposée continûment distribuée. Comme dans le cadre de la configuration organisationnelle du Kiosque, l'opérateur de réseau se trouve en monopole sur les infrastructures et les services supports (transport, acheminement). On ne distingue pas entre les gestionnaires de serveurs et les fournisseurs de services et l'entrée sur le marché des services télématiques est supposée libre. Les fournisseurs de service supportent un coût fixe, mais celui-ci est supposé très inférieur à celui de l'opérateur de réseau. Sous ces hypothèses, on montre que le trafic sur le réseau ne dépend finalement que de la structure tarifaire et du nombre de services. Dans la mesure où le nombre d'utilisateurs du service dépend également des mêmes variables, cette variable peut être omise dans la forme réduite de la demande d'usage. A l'équilibre de long terme, le nombre de services et les tarifs sont eux-mêmes des variables endogènes du modèle.

Pour les services, on suppose que le *profit net* des offreurs de service Π^S est juste nul. C'est à dire qu'ils réalisent un profit juste suffisant pour assurer la rémunération d'équilibre du capital investi (cf. par exemple Dixit, Stiglitz, 1977) On désigne par S^e , le nombre de services viables dans cette situation, et on en déduit $\theta^e = \theta^*(P, S^e, A)$.

Sous les hypothèses du modèle, les caractéristiques de cet équilibre dépendent uniquement de la politique tarifaire de l'opérateur et de la structure des préférences des consommateurs.

$$\int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} ((A - CV^M) + (P \cdot (1 - \tau) - CV^N) S^e \cdot q^d(\theta, P, S^e)) dF(\theta) - CF^N(T)$$

En remplaçant A par la valeur donnée par la fonction de surplus (4) du consommateur marginal on peut écrire le programme de maximisation avec l'indice du consommateur marginal (au lieu du montant de l'abonnement) comme variable de commande, ce qui simplifie les calculs :

$$\begin{aligned} \text{Max}_{P, \theta^e, \tau} \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} (P \cdot (1 - \tau) - CV^N) S^e \cdot q^d(\theta, P, S^e) \cdot dF(\theta) - CF^N(T) \\ + [\theta^e \cdot g(S^e, q^d(\theta^e, P, S^e)) - S^e \cdot P \cdot q^d(\theta^e, P, S^e) - CV^M] \cdot \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} dF(\theta) \end{aligned}$$

Avec notre hypothèse de système Kiosque pour la tarification, on constate un effet externe croisé entre les consommateurs et les services. Le tarif binôme optimal du monopole privé vérifie la propriété de subvention de l'accès par l'usage, comme dans l'expérience française de vidéotex, ou le terminal a été distribué gratuitement²¹⁴.

Si on suppose une élasticité constante du nombre de service d'équilibre par rapport aux prix (- γ), des quantités par rapport aux prix (- ε), des quantités par rapport aux services (- μ), l'indice de Lerner s'écrit (équation (21) de Phan, 1992) :

$$(2) \quad \frac{P \cdot (1 - \tau) - CV^R}{P \cdot (1 - \tau)} = \frac{1}{\varepsilon} \left(1 - \frac{q^{\min}}{q^M \cdot (1 - \tau)} - \frac{\gamma \cdot \tau}{\eta \cdot (1 - \tau)} \right)$$

A l'aide du théorème des fonctions implicites, on peut alors montrer que l'indice de Lerner peut finalement s'écrire sous la *forme standard d'un modèle avec tarification binôme* (Phan, 1993, équation (20bis) ou (3 ter) dans la sous-section 3.1.3. suivante) :

$$(2 \text{ bis}) \quad \frac{P - CV^R}{P} = \frac{1}{\varepsilon} \left(1 - \frac{q^{\min}}{q^M} \right)$$

²¹⁴ Jusqu'à l'introduction du minitel 2 qui a été loué, mais offert de nouvelles fonctionnalités.

On montre également que *l'abonnement peut être inférieur à son coût* dans la mesure où le second terme de (3) est généralement inférieur à zéro, car : $S^{\theta}/S^{\tau} = \Pi^{\theta}/\Pi^{\tau} < 0$

$$(3) \quad A = CV^M + \left(g(\theta^e, P) + \frac{S_{\theta}^e}{S_{\tau}^e} \cdot P \cdot q^M \cdot S^e \right) \cdot \frac{1 - F(\theta^e)}{f(\theta^e)} - (P \cdot (1 - \tau) - CV^R) \cdot q^{\min}(\theta^e) \cdot S^e$$

Ces résultats font donc apparaître un effet externe de demande, que l'on peut comparer à celle du réseau téléphonique. Mais contrairement à ce dernier, cette externalité est liée au nombre de services proposés sur le réseau.

Le commentaire détaillé de ces résultats sera présenté dans la sous-section suivante (3.1.3.) à partir des résultats plus généraux de (Phan, 1993).

C - La dynamique de déploiement du Kiosque : une estimation économétrique sur données historiques agrégées, avec un modèle « à deux régimes ».

Maintenant que l'on dispose de (Phan, 1993), le principal intérêt de la partie formalisée de Phan (1992) réside dans la troisième partie où est présenté un *modèle dynamique de diffusion des services du « kiosque »*, dont les paramètres ont été estimés par l'économétrie sur des données historiques (encadré 1). Dans ce modèle dynamique, on considère qu'il y a *deux régimes de demande*. Un régime « *contraint* » et un régime « *non contraint* ». Cette hypothèse correspond à *deux modalités historiquement différentes* de raccordement au réseau. La distribution gratuite de terminaux minitel aux abonnés du téléphone avait été officiellement justifiée par une substitution de l'annuaire électronique et de l'annuaire papier. Cette distribution gratuite a connu un déploiement assez long, supérieur à une année et chaque mois de nouveaux départements rentraient dans la zone « *émeraude* » qui donnait droit à distribution gratuite. Dans les autres départements, l'accès au réseau se faisait par location du minitel. On peut en déduire que seuls les abonnés à plus forte disposition à payer accédaient alors au réseau. On considère donc que le marché global correspond à une agrégation de micros-marchés (les Agences Commerciales des Télécommunications - ACTELS) en situation de déséquilibre, chacune de ses agences étant caractérisée par un régime différents (émeraude ou non).

Dans un cas, la *demande est contrainte par l'offre*, et l'on suppose que seuls les consommateurs qui ont une forte disponibilité à payer ont la possibilité de se raccorder, puisqu'ils doivent acquitter une surtaxe pour la location du terminal. *Pour ces abonnés, le*

niveau total de consommation dépendra donc du rationnement de l'offre et, donc *des minitels effectivement disponibles* pour cette catégorie de clients. Dans l'autre cas, *l'offre excède la demande* des consommateurs et *le niveau de la consommation sera estimé de manière totalement indépendante du nombre de terminaux*, conformément à une version log-linéarisée du modèle théorique présenté précédemment.

On procède à l'estimation conjointe de la forme agrégée de ces deux types de marchés selon les méthodes utilisées en macroéconomie des déséquilibres, ce qui permet de « révéler », la proportion de micro - marchés en excès d'offre, valeur qui n'a pas été observée, mais dont on connaît une approximation avec le pourcentage de départements où le Minitel était distribué gratuitement (*zone émeraude*). Comme la demande de terminaux peut être motivée par d'autres usages que le Kiosque *grand public*, on ne peut pas dériver du modèle la demande de terminaux, qui restera exogène. Le modèle permet ainsi de connaître la consommation moyenne par terminal, et non le nombre de terminaux n'utilisant pas cette catégorie de service. L'estimation des paramètres, des formes structurelles de la demande de connexion est réalisée selon trois méthodes différentes. Les résultats apparaissent relativement robuste aux techniques économétriques utilisées. Pour la modélisation conjointe de la consommation et de l'offre de services, on a estimé simultanément les trois équations de comportement, par une méthode de maximisation de la vraisemblance en information complète, en pondérant géométriquement les deux régimes par leur part respective mesurée empiriquement par les zones émeraudes ou théoriquement en utilisant la proportion de micro - marchés en excès d'offre, estimée à l'étape précédente.

Dans le cas du marché de vendeurs (*buyer's market*), le modèle, sous forme réduite, se résume à une équation aux différences où la variable d'état est le nombre des services, et où il existe un équilibre stationnaire unique, pour un niveau donné des prix à la consommation. Dans le cas du marché d'acheteurs (*seller's market*), le modèle réduit devient un système de deux équations aux différences, où les variables d'états sont le nombre des services et le nombre de terminaux. Ce système traduit par des évolutions dynamiques plus complexes. Il apparaît que la croissance et la viabilité du réseau dépend alors de la stratégie suivie par l'opérateur de réseau.

Encadré 2 : les estimations

(régime A)	$\log(TT/M) = a_1 \cdot \log(S) + a_2$	(demande contrainte)
(régime B)	$\log(TT) = b_1 + b_2 \log(S) + b_3 \cdot \log(P_{-2}/P_{-9}) + b_4 \cdot \log(P_{-9}) + b_5 \cdot D8609$	
<i>Méthodes d'estimation</i> : Moindre carrés ordinaires (MCO) et maximum de vraisemblance à information complète (TMC). Les deux régimes sont pondérés par la proportion du territoire se trouvant dans la zone EMERAUDE (opération annuelle électronique).		
MCO ; TMC	$\log(TT) = A \cdot (1 - EMERAUDE) + EMERAUDE \cdot B$	
Modèle à deux régimes avec aléas unique (agrégation de micromarchés) selon la méthode Lambert, Lubrano, Snessens (1984)		
CES	$\log(TT) = -1/\beta \cdot \log(A^{-\beta} + B^{-\beta})$	
(C)	$\log(S) = (1 - c_1) \cdot \log(S_{-1}) + c_1 \cdot \log[TT_{-1} \cdot P_{-1} / (Pc_{-1} \cdot (1 + r))] + c_2$	
(dynamique des services)		$+c_3 \cdot D8710 + c_4 \cdot D87567 + c_5 \cdot D8602$

Période d'estimation : 1985.07 - 1989.12 54 observations.

	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	DW	S(μ)		
MCO	+0.061 (0.006)	+0.069 (0.004)	0.138 (0.03)	-0.076 (0.018)	+0.096 (0.031)	2.19	3.01%		
TMC (1)	+0.061 (0.006)	+0.374 (0.003)	+0.137 (0.028)	-0.077 (0.017)	+0.099 (0.029)	2.19	3.01%		
TMC (3)	+0.062 (0.006)	+0.069 (0.004)	+0.138 (0.028)	-0.078 (0.017)	+0.097 (0.029)	2.19	3.01%		
	a ₁	a ₂	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	DW	S(μ)
MCO (1)	+0.305 (0.069)	-2.300 (0.334)	+6.535 (0.324)	+0.162 (0.038)	-3.786 (0.419)	-1	-0.112 (0.043)	1.77	4.13%
TMC (1 bis)	+0.330 (0.071)	-2.424 (0.348)	+6.451 (0.331)	+0.172 (0.039)	-3.653 (0.401)	-1	-0.120 (0.040)	1.76	4.14%
CES (1 ter)	+0.332 (0.056)	-2.039 (0.312)	+6.559 (0.265)	+0.160 (0.031)	-4.650 (0.467)	-1	-0.111 (0.043)	1.82	4.09%
MCO (2)	+0.338 (0.123)	-2.0702 (0.654)	+5.475 (4.220)	+0.133 (0.074)	-4.948 (1.155)	-1.25 (0.92)	-0.110 (0.044)	1.80	4.17%
MCO (3)	+0.288 (0.070)	-2.152 (0.340)	+6.010 (0.330)	+0.240 (0.039)	-2.892 (0.427)	0	-0.127 (0.044)	1.70	4.20%
TMC (3 bis)	+0.177 (0.115)	-1.688 (0.502)	+6.671 (0.591)	+0.162 (0.070)	-2.482 (0.461)	0	-0.124 (0.043)	1.52	4.39%
CES (3 ter)	+0.316 (0.057)	+1.950 (0.312)	+6.019 (0.257)	+0.239 (0.030)	-3.670 (0.459)	0	-0.120 (0.043)	1.77	4.14%

Les coefficients entre parenthèse sont les écarts-types estimés des estimateurs.

Dans le modèle économétrique, la spécification de la disposition à payer des consommateurs est proche de la quasi-CES qui a été présentée en (1 bis) et la fonction de demande correspond donc à l'équation (2)²¹⁵. Pour l'approche économétrique, nous avons utilisé une version log-linéaire de la fonction de croissance des services.

$$(4) \quad \ln(S_t) - \ln(S_{t-1}) = k.[\ln(S_{t-1}^{\max}) - \ln(S_{t-1})]$$

désignons par $TT = S_t \cdot Q^d(A_t, P_t, S_t)$; le trafic total sur le réseau²¹⁶

$$(5) \quad TT \cong G_3(A_t) \cdot S_t^{1-\beta} \cdot P_t^{-\alpha}$$

Les équations log - linéaires aux différences que l'on peut déduire de (4) et (5) sont :

$$(4 \text{ bis}) \quad \ln(S_t) = (1-c_1)\ln(S_{t-1}) + c_1.[\ln(TT_{t-1} \cdot P_{t-1}) - \ln(P_{t-1}) - \ln(r+\delta)] + c_2$$

$$(5 \text{ bis} = \text{régime B}) \quad \ln(TT_t) = b_1 + b_2 \cdot \ln(S_t) + L^n(\ln P)$$

où l'opérateur $L^n(\ln P)$ correspond à une structure de retards sur les prix (effet différé à partir de un bimestre) : $L^n(\ln P) = b_3 \cdot \ln(P_{t-2}/P_{t-9}) + b_4 \cdot \ln(P_{t-9})$

3.1.3. L'équilibre de second rang d'un réseau télématique multiservice dans deux configurations de la demande

Phan (1993) étudie l'équilibre d'un réseaux télématiques multiservices dans une configuration spécifique : le monopole technique du réseau ouvert au niveau de la fourniture des services. Cette configuration, qui correspond au réseau français de vidéotex « *Télétext* », associe un opérateur public, en situation de monopole sur les infrastructures de télécommunications et les « *services supports* », et des fournisseurs de services privés, en large concurrence. Il s'agit d'utiliser l'approche normative de la « *théorie du bien être* » en équilibre partiel à un opérateur public gérant un réseau télématique ouvert qui supporte des services en concurrence.

Les caractéristiques tarifaires correspondant à cette configuration particulière peuvent ainsi être comparées avec les résultats déjà établis en matière de tarification téléphonique (REF). Dans ce modèle contingent, on fait l'hypothèse que l'opérateur de réseau a le monopole de l'exploitation du réseau et de la fixation de la structure tarifaire. Les offreurs de services, qui

²¹⁵ équation 6 bis de Phan, 1993, p.23

²¹⁶ où $G_3(A_t), \alpha, \beta$ sont définis dans l'annexe 4 de Phan, 1992, p.36

supportent un coût fixe beaucoup plus faible que l'opérateur de réseau, peuvent entrer librement sur le marché (A ce niveau d'analyse, on ne distingue pas les serveurs des fournisseurs de services). On montre, sous les hypothèses retenues, que le trafic total écoulé par le réseau dépend uniquement du système tarifaire et du nombre de services, qui est une variable endogène du modèle. On montre également que, pour un système de prix donné, il existe un équilibre unique où le nombre de services offerts sur le réseau est non nul, et où l'offreur marginal de service se trouve juste au « *point mort* ». Dans ces conditions, le nombre de services et la taille optimale du réseau dépendent finalement uniquement de la politique de prix de l'opérateur de réseau et de la structure des préférences des consommateurs. On étudie d'abord la tarification d'équilibre d'un modèle « *non-adressé* » où les agents ne diffèrent que par leur disposition à payer pour le service. Puis on étudie un modèle « *adressé* » de différenciation horizontale, où les agents ne diffèrent que par leur localisation et ne consomment qu'un seul service. Dans ce modèle, on montre que l'effet externe du nombre de services sur la demande globale, effectif dans le cas de la demande non-adressée (« *CES* ») et dans le cas où le marché n'est pas « *couvert* » disparaît lorsque le marché est « *couvert* ».

A - L'équilibre stationnaire de long terme du modèle « sans adresse »

A l'équilibre stationnaire de long terme, on suppose comme dans la section précédente que le *profit net* des offreurs de services Π^S est nul. On désigne par $S^e \equiv S^e(\theta^e, P, \tau)$ le nombre de services viables dans cette situation, et on en déduit $\theta^e = \theta^*(P, S^e, A)$. Si l'on désigne par λ le coût des fonds publics, le surplus collectif s'écrit :

$$(1) \quad W(\theta^e, P, \tau) = \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} \left\{ \theta \cdot g(S^e \cdot q^d(\theta, P, S^e)) - S^e \cdot P \cdot q^d(\theta, P, S^e) - A \right\} dF(\theta) \\ + (1 + \lambda) \cdot \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} \left\{ (A - CV^M) + (P \cdot (1 - \tau) - CV^N) S^e \cdot q^d(\theta, P, S^e) \right\} dF(\theta) - CF^N(T)$$

Si l'on remplace comme précédemment dans (1) le montant fixe du tarif, A par sa valeur en fonction de θ^e , le programme de maximisation du surplus collectif peut s'écrire sous la forme :

$$(1 \text{ bis}) \quad \text{Max}_{p, \theta^e, \tau} \quad W(\theta^e, P, \tau) = \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} \left\{ \theta \cdot g(S^e \cdot q^d(\theta, P, S^e)) - S^e \cdot P \cdot q^d(\theta, P, S^e) \right\} dF(\theta)$$

$$\begin{aligned}
& + (1 + \lambda) \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} \left((P \cdot (1 - \tau) - CV^N) S^e \cdot q^d(\theta, P, S^e) - CV^M \right) dF(\theta) - CF^N(T) \\
& + \lambda \cdot [\theta^e \cdot \mathcal{G}(S^e, q^d(\theta^e, P, S^e)) - S^e \cdot P \cdot q^d(\theta^e, P, S^e)] \cdot \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} dF(\theta)
\end{aligned}$$

La maximisation du bien être social (1 bis) par rapport à P , τ , et à θ^e donne les conditions d'optimalité de premier ordre (Phan, 1995, Annexe 2), d'où l'on peut déduire le tarif binôme optimal. Si on suppose une élasticité constante du nombre de services d'équilibre par rapport aux prix ($-\gamma$), des quantités par rapport aux prix ($-\varepsilon$), des quantités par rapport aux services ($-\mu$), l'indice de Lerner s'écrit :

$$(2) \quad \frac{P \cdot (1 - \tau) - CV^R}{P \cdot (1 - \tau)} = \frac{\lambda \cdot (\Lambda_1 - \Lambda_2)}{(1 + \lambda) \cdot (\varepsilon + \gamma \cdot (1 - \mu))} \quad ; \quad \text{où :}$$

$$\Lambda_1 = \left(1 - \frac{q^{\min} + \gamma \cdot \xi^{\min} / P}{q^M \cdot (1 - \tau)} \right) \quad \Lambda_2 = \frac{1}{\lambda \cdot (1 - \tau)} \cdot \left(\tau - \gamma + \frac{\gamma}{P \cdot q^M \cdot (1 - F(\theta^e))} \cdot \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} [\theta \cdot \mathcal{G}' S] dF(\theta) \right)$$

L'écart entre le prix et le coût marginal est inversement proportionnel à l'élasticité de la demande, augmenté de l'effet du comportement d'entrée des fournisseurs de services, diminué des effets positifs de l'externalité. Nous appellerons $-\{\varepsilon + \gamma \cdot (1 - \mu)\}$ l'élasticité "étendue" de la demande. L'effet des prix et de la demande sur le comportement d'entrée des fournisseurs de services est divisé en deux parties : un effet négatif direct des prix ($-\gamma$), et un effet indirect du nombre de services sur la demande moyenne ($-\mu$), qui réduit l'incitation à entrer sur le marché et donc l'effet direct. L'écart entre le prix et le coût marginal diminue donc lorsque la sensibilité des services aux différentes composantes de la demande $\gamma \cdot (1 - \mu)$, augmente. L'effet direct de l'externalité liée à l'hétérogénéité des consommateurs a une forme « classique », comme celle obtenue par Picard (1988)²¹⁷ : l'écart entre le prix et le coût marginal est d'autant plus faible que la population est hétérogène²¹⁸.

²¹⁷ Avec une externalité directe, provenant du nombre d'abonnés dans la disposition à payer, Picard trouve :

$$\frac{P_t - CV^R}{P_t} = \frac{\lambda}{\varepsilon \cdot (1 + \lambda)} \cdot \left[1 - \frac{q^{\min}}{q^M} \right]$$

²¹⁸ ie. : $q^{\min} < q^M \cdot (1 - \tau)$

Cet effet direct est amplifié par $\xi(\theta^e, P, S^e) = \xi_{\min}$, l'effet indirect de l'impact sur l'offre de services de la variation marginale du surplus qu'un service supplémentaire apporte au consommateur marginal, au voisinage de son optimum. En conséquence, l'écart entre le prix et le coût marginal diminue avec γ , l'élasticité du nombre de services d'équilibre par rapport au prix. Le terme négatif Λ_2 , serait nul en situation de monopole (λ infini). Il traduit la prise en compte de l'impact social de la structure tarifaire : économie de fonds publics liée à une diminution du taux τ de reversement; et avantage en terme de surplus, retiré, au voisinage de leur optimum par l'ensemble des consommateurs de services, lorsqu'une baisse des prix favorise une variation marginale de l'offre de services. A l'optimum non contraint (λ nul), $P \cdot (1-\tau) = CV^R$. Sous l'hypothèse d'élasticité constante des quantités par rapport aux services ($-\mu$), le fixe sera:

$$(3) \quad A = CV^M + \Lambda_3 + [P \cdot (1-\tau) - CV^R] \cdot \left[\frac{S^e_{\theta}}{f(\theta^e)} \cdot q^M \cdot (1-F(\theta^e)) \cdot (1-\mu) - q^{\min} \cdot S^e \right]$$

$$\text{où } \Lambda_3 = \frac{\lambda \cdot [\vartheta(\theta^e, P_t) + \xi_{\min} \cdot S^e_{\theta}]}{(1+\lambda)} \cdot \frac{[1-F(\theta^e)]}{f(\theta^e)} + \frac{S^e_{\theta}}{f(\theta^e) \cdot (1+\lambda)} \int_{\theta^e}^{\theta_{\max}} [\theta \cdot \vartheta' \cdot S - P \cdot q^d] dF(\theta)$$

Les deux premiers termes, dans Λ_3 , qui viennent s'ajouter au coût (CV^M) représentent les effets directs et indirects de la réduction de l'abonnement qui incite le consommateur marginal, θ^e à devenir un utilisateur du réseau.

Le terme $f(\theta^e)/[1-F(\theta^e)]$ mesure la probabilité conditionnelle pour que le consommateur θ^e devienne un abonné, sachant qu'il a déjà $[1-F(\theta^e)]$ abonnés au réseau. Le deuxième terme traduit la prise en compte par le planificateur de l'avantage en terme de surplus retiré par l'ensemble des consommateurs, au voisinage de leur optimum, lorsqu'une baisse de l'abonnement entraîne une augmentation de l'offre de services. Ce terme serait nul en situation de monopole (λ infini). Son effet serait maximum à l'optimum non contraint (λ nul). Il mesurerait alors la réduction d'abonnement qu'il serait nécessaire de favoriser pour retirer le bénéfice social de l'externalité liée à l'offre de services.

Le dernier terme, entre crochet, mesure l'excédent de recette dont bénéficie l'opérateur de réseau sous l'effet de l'offre additionnelle de services engendrée par l'entrée du consommateur marginal sur le réseau. Comme $S^e_{\theta} < 0$, cet effet vient également diminuer le montant de l'abonnement, pour tout $\lambda > 0$. Pour $\lambda = 0$, on a $P = CV^N$, et ce dernier terme est nul. Si l'on

suppose une élasticité constante du nombre de services d'équilibre par rapport au taux de reversement, τ , la maximisation du surplus collectif par rapport à ce taux donne la condition supplémentaire (4)

$$(4) \quad (1+\lambda) \cdot [P \cdot (1-\tau) - CVR] \cdot (1-\mu) \cdot q^M = -\lambda \cdot \xi^{\min} + \frac{(1+\lambda) \cdot \tau \cdot P \cdot q^M}{\eta} + P \cdot q^M - \int_{\theta^e}^{\theta^{\max}} \frac{\theta \cdot \vartheta' \cdot S \cdot dF(\theta)}{[1-F(\theta^e)]}$$

En utilisant cette condition (4) les équations (2) et (3) s'écrivent plus simplement :

$$(2 \text{ bis}) \quad \frac{P \cdot (1-\tau) - CVR}{P \cdot (1-\tau)} = \frac{\lambda}{[1+\lambda] \cdot \varepsilon} \left[1 - \frac{q^{\min}}{q^M \cdot (1-\tau)} + \frac{[1+\lambda]}{\lambda} \cdot \frac{P \cdot S^e_p}{(1-\tau) \cdot S^e_\tau} - \frac{\tau}{\lambda \cdot (1-\tau)} \right]$$

$$(3 \text{ bis}) \quad A = CV^M + \left(\frac{\lambda}{1+\lambda} \vartheta(\theta^e, P) + \frac{S^e_\theta}{S^e_\tau} \cdot P \cdot q^M \cdot S^e \right) \cdot \frac{1-F(\theta^e)}{f(\theta^e)} - (P \cdot (1-\tau) - CVR) \cdot q^{\min}(\theta^e) \cdot S^e$$

$$\text{où } S^e_\theta / S^e_\tau = \Pi^e_\theta / \Pi^e_\tau < 0.$$

Selon le théorème des fonctions implicites, $S^e_p / S^e_\tau = \Pi^e_p / \Pi^e_\tau = (1-\varepsilon)\tau/P$. En réarrangeant (2 bis) pour faire apparaître l'indice de Lerner du prix final sur les coûts variables, les termes en τ disparaissent et l'on retrouve le résultat classique des tarifs binômes :

$$(3 \text{ ter}) \quad \frac{P - CVR}{P} = \frac{\lambda}{[1+\lambda] \cdot \varepsilon} \left(1 - \frac{q^{\min}}{q^M} \right)$$

Dans le cas de ce modèle "sans adresse", où les consommateurs consomment simultanément plusieurs services, les résultats font apparaître une externalité de demande, que l'on peut comparer à celle du réseau téléphonique. Contrairement à ce dernier, cette externalité n'est pas directement liée au nombre d'abonnés, mais au nombre de services proposés sur le réseau. La prise en compte de cette externalité peut entraîner une sous-tarification du prix de l'abonnement par rapport au coût. Cette réduction d'un montant :

$$\left(\frac{S^e_\theta}{S^e_\tau} \cdot P \cdot q^M \cdot S^e \right) \cdot \frac{1-F(\theta^e)}{f(\theta^e)}$$

est liée à la nécessité d'inciter les fournisseurs de services à rejoindre le réseau afin d'augmenter la demande globale, et à l'augmentation de surplus apportée par ces services aux abonnés du réseau. Cependant, ces résultats sont fortement liés à l'hypothèse que les consommateurs ont "une préférence pour la variété" et désirent consommer de tous les services dans une même quantité, qui est implicite aux modèles "sans adresse".

Pour apprécier les limites de cette démarche, il est intéressant de tester sa robustesse dans un modèle "avec adresse" où les consommateurs ne consomment qu'un seul service.

B -Un modèle avec adresse" : l'hétérogénéité des agents fondée sur leur localisation.

Nous supposerons maintenant que les consommateurs ont des préférences identiques et diffèrent uniquement par leur localisation. Chaque consommateur ne désire consommer qu'un seul service, situé "au plus près" de sa localisation idéale. la fonction de surplus devient :

$$(1) \quad \begin{aligned} V_i &= v(g(x_i-x), q) - p \cdot q - A; && \text{si le consommateur de type } i \text{ est un} \\ & && \text{utilisateur des services télématiques;} \\ V_i &= 0; && \text{sinon (si } v(g(x_i-x), q) - p \cdot q - A < 0). \end{aligned}$$

où x_i représente la localisation du service "idéal" pour le consommateur i , et $g(\cdot)$ une fonction paire qui valorise la "distance" qui sépare le consommateur de son service idéal. On peut supposer par exemple, sans perte de généralité, que cette distance est quadratique :

$g(\theta_i) \equiv t_0 - t \cdot \theta_i^2$; où t_0 représente la valorisation du consommateur qui peut utiliser son service « idéal », et $\theta_i \equiv x_i - x$ l'écart entre ce service idéal (x_i) et la position du service disponible le plus proche (x).

On supposera par la suite que les consommateurs sont uniformément distribués sur un cercle de rayon unitaire. Pour un consommateur localisé en x_i , la demande optimale du service sera une fonction décroissante de $g(\theta_i)$ et de p . Nous définirons cette demande optimale par service par :

$$(2) \quad q^d(\theta_i, p) \in \operatorname{argmax} \{v(g(\theta_i), q) - p \cdot q - A, 0\}.$$

Relation (2) implique : $(3) \quad v'_q(g(\theta_i), q^d(\theta_i, p)) = p$;

On considérera d'abord un segment de longueur du cercle de rayon unitaire, où les fournisseurs de services sont disposés aux extrémités, $x \in \{0, \Delta\}$. Pour tout couple à élément positif $\{p, A\}$ donné, Il existe un seul point $x^* \in [0, \Delta]$ où le consommateur est juste indifférent entre consommer le service localisé en 0 et le service localisé en Δ :

$$V_i(0, x_i, p, A) = V_i(\Delta, x_i, p, A) \Rightarrow g(x^*) = g(x^* - \Delta).$$

$g(x^* - \Delta) = g(\Delta - x^*)$; et ce point est donné par la condition :

$$x^* = \Delta - x^* \Rightarrow \quad (4) \quad x^* = \frac{\Delta}{2}$$

Le consommateur localisé en x_i consommera le service offert en 0, pour tout $x_i < x^*$, c'est à dire pour tout $\theta_i \equiv x_i - 0 < \theta^* \equiv x^* - 0$.

Si l'on considère deux consommateurs positionnés autour de 0, sur le segment $[-\Delta, +\Delta]$, en $-x_i$ et x_i , on a $-x_i - 0 \equiv -\theta_i$ et $x_i - 0 \equiv \theta_i$, comme $g(\cdot)$ est paire, on a : $g(\theta_i) = g(-\theta_i)$, ce qui entraîne $V_i(\theta_i, p, A) = V_i(-\theta_i, p, A)$; ainsi que $g(\theta^*) = g(-\theta^*)$.

Finalement tous les consommateurs localisés entre : $-x^* = -\Delta/2$ et $+x^* = +\Delta/2$ sont situés à une distance $g(\theta_i) < g(\theta^*)$. Ces consommateurs choisiront de consommer le service 0 si leur surplus net, $V_i(\pm\theta_i, p, A)$, est positif. Dans ce cas, leur consommation sera :

$$(4) \quad q^d(\theta_i, p) = q^d(-\theta_i, p).$$

Si l'on considère maintenant le segment $[\Delta, 2\Delta]$, le consommateur juste indifférent, localisé en $x^* - \Delta = 2 \cdot \Delta - x^* \Rightarrow x^* = \frac{3\Delta}{2}$ se situe à une distance : $\frac{3\Delta}{2} - \Delta = \frac{\Delta}{2} = \theta^*$

Si l'on suppose que S services sont positionnés à des localisations équidistantes les unes des autres sur le rayon de cercle unitaire, on a : $\Delta = 1/S$. Comme les prix sont donnés par l'opérateur de réseau, on montre que l'étude de la demande adressée à chacun des services peut se ramener à l'étude de $2 \cdot S$ segments de marchés de longueur $\theta^* = \frac{\Delta}{2} = \frac{1}{2 \cdot S}$.

Chaque offreur de services fait face à deux segments de demande symétriques compris entre $-\theta^*$ et $+\theta^*$. Comme dans le modèle de Salop (1979), l'étude du marché global peut se ramener à l'étude d'un de ces segments de marchés représentatifs. Nous nous limiterons au segment $[0, +\theta^*]$. Dans ce but, on utilisera par la suite la fonction de surplus brut :

$$(5) \quad \mathfrak{G}(\theta, q^d(\theta, p)) \equiv v(g(\theta), q^d(\theta, p)) \text{ pour tout } \theta_i \in [0, \theta^*]$$

$$(6) \quad \mathfrak{G}'_q(\theta, q^d) = v'_q(g(\theta_i), q) = p > 0 ; \theta \in \{0, \theta^*\}$$

Comme dans le cas du modèle sans adresse, nous définirons le consommateur marginal d'indice $\theta^{\max} \leq \theta^*$ comme celui qui est indifférent entre l'utilisation et la non utilisation d'un service télématique proposé sur le réseau. Sa fonction de surplus net sera alors juste nulle. Nous définirons également la consommation (minimale) de ce consommateur "marginal" par : $q^{\min} \equiv q^d(\theta^{\max}, p)$:

$$(7) \quad \mathfrak{G}^{\min} - p \cdot q^{\min} \equiv \mathfrak{G}(\theta^{\max}, q^d) - p \cdot q^d = A ;$$

Les effets d'une variation de l'abonnement A peuvent être représentés de manière équivalente par une variation de l'indice θ^{\max} donnée par la relation (8). Comme la demande qui s'adresse à chaque service est symétrique par rapport à sa localisation, et que la population totale des utilisateurs potentiels (normalisée à 1) est uniformément distribuée sur le segment $[0, 1]$, le nombre d'abonnés au réseau sera :

$$(8) \quad N(\theta^{\max}) = 2.S. \int_0^{\theta^{\max}} d\theta ; \quad \theta^{\max} \leq \theta^*.$$

Lorsque le marché est *couvert* : $\theta^{\max} = \theta^* = \frac{1}{2.S}.$

On vérifie que l'on a alors :

$$(9) \quad N(\theta^*) = 2.S. \int_0^{\frac{1}{2.S}} d\theta = 1$$

La demande totale par service sera alors :

$$(10) \quad Q^d \equiv 2. \int_0^{\theta^{\max}} q^d(\theta, p).d\theta ;$$

Comme tous les services font face, par construction à la même demande, nous définirons la *demande moyenne*, pour un *service représentatif*, par :

$$(11) \quad Q^M \stackrel{\text{def}}{\equiv} \frac{Q^d}{N(\theta^{\max})/S} = \frac{2.S}{N(\theta^{\max})} \int_0^{\theta^{\max}} q^d(\theta, p).d\theta$$

Comme précédemment, on fait l'hypothèse que l'opérateur de réseau à le monopole de l'exploitation du réseau, et on ne distingue pas entre les fournisseurs de services et les serveurs. On suppose que chaque service est produit par un fournisseur de services différent. Les fournisseurs de services entrent tous simultanément sur le marché et ont la même fonction de coût.

Le surplus collectif est égal à la somme du surplus des consommateurs, du surplus de l'opérateur de réseau public, et du profit des fournisseurs de services. L'optimum de second rang est obtenu avec une contrainte de profit non nul pour les opérateurs de réseau et de services (rationalité individuelle). On suppose que les fournisseurs de services sont localisés en des points équidistants d'un cercle de rayon unitaire. La maximisation du surplus collectif par rapport à P , τ , et à θ^e donne les conditions d'optimalité de premier ordre (cf. Phan, 1993 équation (36) et Annexe 3) et le couple tarifaire

$$(12) \quad A = \alpha + \frac{\mu}{2.S.[1+\lambda]} - (p-v-c).q^{\min} - \frac{\lambda}{1+\lambda} \cdot \frac{g_{\theta^{\max}}^{\min}}{2.S} \cdot 2.S \cdot \int_0^{\theta^{\max}} d\theta$$

$$(13) \quad \frac{p-c-v}{p} = \frac{1}{[1+\lambda].\varepsilon} \left[1 - \frac{q^{\min}}{q^M} \right]$$

La condition d'exclusion : $\mu \cdot \left\{ \frac{1}{2S} - \theta^{\max} \right\} = 0$; $\mu \geq 0$ nous assure que *si le marché n'est pas couvert* ($\frac{1}{2S} > \theta^{\max}$), alors $\mu = 0$.

$$(12 \text{ bis}) \quad A = \alpha - (p-v-c).q^{\min} - \frac{\lambda}{1+\lambda} \cdot \frac{g_{\theta^{\max}}^{\min}}{2.S} \cdot 2.S \cdot \int_0^{\theta^{\max}} d\theta$$

Les équations (12 bis) et (13) correspondent alors à un tarif binôme « classique » sans externalités.

Si le marché est couvert (i.e. : $\frac{1}{2S} = \theta^{\max}$), l'effet externe du nombre de service viendra ici augmenter (puisque $\mu > 0$) le montant de l'abonnement optimal. Celui-ci deviendra également indépendant du coût de raccordement α . La valeur de μ est donnée par la condition d'optimalité : $W'_s = 0$ et les équations (14) et (17) déterminent *l'abonnement optimal lorsque le marché est couvert*.

$$(18) \quad A = \frac{(1+\lambda).2.S.(p-v-c)}{(1+2.\lambda)} \cdot \frac{1}{2.S} \int_0^{q^d - q^{\min}} (q^d - q^{\min}).d\theta - \frac{\lambda}{[1+2.\lambda]} \frac{g^{\min} \theta_{\max}}{2.S} \\ + \frac{2.S}{1+2.\lambda} \int_0^{2.S} [g(\theta, q^d) - p.q^d].d\theta$$

Ainsi, lorsque les consommateurs ne désirent consommer qu'un seul service, l'externalité de demande disparaît. Les deux formalisations symétriques qui ont été utilisées (modèle adressé et sans adresse) représentent cependant des cas extrêmes. De plus les dimensions dynamiques qui sont essentielles dans ce type de réseau sont totalement absentes de cette dernière formalisation. Néanmoins, l'exercice, qui date de 1993, doit être considéré comme une étape, il a permis de comprendre un peu mieux les logiques qui pouvaient être à l'œuvre dans ce réseau type de réseau, et surtout le travail qu'il restait à faire pour développer une approche plus historique de ce genre de problème.

3.2. Régulation et interconnexion avec externalité et tarif binôme

3.2.1. Régulation avec externalité et tarif binôme : le modèle Laffont-Tirole

L'objet de cette sous-section est de présenter le cadre formel qui sera utilisé dans la section suivante pour traiter de la question des charges d'accès. Le modèle provient d'une note qui étend le modèle standard de régulation de Laffont-Tirole (1993) au cas d'un opérateur de réseau qui propose un tarif binôme à des clients dont la demande est caractérisée par une externalité de réseau de type "club" : l'utilité que les consommateurs attribuent au réseau dépend du nombre de personnes qu'ils peuvent joindre, soit, en première approximation, du nombre d'abonnés au réseau.

En pratique, la tarification binôme est très largement utilisée pour le service téléphonique. D'une part, l'abonnement permet d'accéder au réseau, et donne donc l'option d'usage, ainsi que la possibilité d'être appelé. D'autre part, la tarification de l'usage trouve sa traduction dans la taxation de la durée des appels efficaces (*unités télécoms*). La détermination du barème binôme optimal en présence d'externalités de demande a été présentée sous différentes formes par de nombreux auteurs (par exemple Littlechild 1975, Curien, 1987, Picard, 1988). On trouve une présentation synthétique de cette approche dans Curien, Gensollen (1992). Les

conditions d'existence d'un équilibre de réseaux ont été étudiées par Bonniseau, Chabchoub (1997) dans un cadre très général.

Le deuxième thème abordé ici concerne la réglementation d'une entreprise publique en situation d'asymétrie d'information. L'objectif du contrôleur est ici de proposer un contrat adéquat pour inciter l'opérateur à baisser ses coûts (ici il s'agit des coûts de la ligne d'abonné).

Dans le but de rendre compte autant que possible de la situation et des pratiques existantes dans le domaine des réseaux de téléphonie vocale, la modélisation est restreinte à l'analyse d'une seule configuration institutionnelle, choisie pour sa pertinence parmi la généralité des configurations disponibles. On considère une situation où les coûts sont observables ex-post, et où il ne peut pas y avoir de transferts monétaires entre les pouvoirs publics et l'opérateur de réseau. Cette dernière hypothèse restreint considérablement les possibilités de choix, mais permet de rapprocher l'analyse formelle des pratiques effectives. La formalisation retenue reste très proche de la section 2-6 de Laffont-Tirole (1993), dont nous avons conservé les notations. En particulier, l'ensemble des agents considérés sont supposés neutres face au risque. Cependant, à la différence de ces auteurs, les asymétries informationnelles ne portent pas ici sur le coût d'usage, mais sur le coût de la ligne d'abonné, pour des raisons liées aux pratiques effectives qui seront justifiées par la suite. (ce type de coût n'existe pas dans leur présentation générale). On retiendra par compte une propriété de séparabilité qui simplifie considérablement l'analyse²¹⁹

L'approche suivie ici permet de reposer la question de la forme de surveillance de l'opérateur, avec des formules de types contrôle des prix et contrôle des profits, dans un cadre où le « *service universel* »²²⁰ apparaît comme un *objectif* du régulateur, et non comme une *contrainte*. La note comprend quatre sections, la première examine les enjeux de la modélisation à la lumière de l'expérience britannique, les trois sections suivantes sont consacrées à la présentation du modèle et des principaux résultats. La dernière section qui est consacrée à un retour sur la discussion de l'impact des formules de types contrôle des prix et contrôle des profits. En effet, la démarche de la théorie des incitations consiste à proposer un

²¹⁹ Laffont-Tirole ont montré que le problème de tarification pouvait être séparé du problème d'incitation, lorsque les paramètres sur lesquels portent les asymétries d'information sont séparables des quantités produites.

²²⁰ Le principe du *service universel* a été discuté d'une manière générale au chapitre précédent à partir de Basle, Kemos, Léon, Phan (1997). Il est assimilé ici à la *gestion de l'effet externe de réseau*

mécanisme révélateur susceptible d'amener les agents à *s'auto sélectionner* en choisissant le contrat le plus avantageux pour eux, compte tenu de leurs caractéristiques. Ce *mécanisme révélateur* peut être présenté comme un tarif non linéaire (ou un menu de tarifs linéaires), auquel correspond des transferts entre acteurs. Les techniques de contrôle des prix (ici *prix plafond*) et de contrôle des taux de profits (ici *coûts/profits*)²²¹ peuvent être assimilés aux deux situations extrêmes du *menu* : forfait ou remboursement des coûts. Seuls les principales hypothèses et les principaux résultats sont reproduits ici²²².

A -Consommateurs

On considère des consommateurs caractérisés par une structure des préférences formalisée par une fonction de surplus quasi-linéaire. L'hétérogénéité des préférences est représentée par un indice $\theta \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$, dont la distribution entraîne une dispersion des dispositions individuelles à payer, représentée par la fonction $\mathfrak{S}(\theta, N, q)$.

$$V(\theta, N, q, A, p) = \sup[\mathfrak{S}(\theta, N, q) - p \cdot q - A; 0]$$

Le consommateur d'indice θ s'abonne au service ssi $\mathfrak{S}(\theta, N, q) - p \cdot q - A \geq 0$

L'ensemble des consommateurs est continûment distribué selon une loi de probabilité de densité $f(\theta)$ sur l'intervalle $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$. $F(\hat{\theta})$ représente alors la proportion de la population qui a un indice $\theta < \hat{\theta}$ avec $\theta, \hat{\theta} \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$; on a donc $F(\bar{\theta}) = 1$ et $F(\underline{\theta}) = 0$. Pour des raisons de commodité, on normalise la taille de la population à un. Le nombre des abonnés, noté N , sera donc tel que $0 \leq N \leq 1$. Si l'on désigne par θ^m le plus petit indice caractérisant un abonné, tous les consommateurs tels que $\bar{\theta} \geq \theta \geq \theta^m$ seront abonnés et le nombre d'abonnés sera égal à:

$$(1.1) \quad N = \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} dF(\theta) = 1 - F(\theta^m)$$

Pour une taille donnée du réseau, et pour tout couple tarifaire (p, A) fixé, la consommation optimale d'un abonné au réseau, maximise son surplus:

²²¹ On trouve un exposé simple du rapport entre : tarifs non linéaires, menu de transferts linéaires, "prix plafond" et "coûts- profits", dans l'appendice "E" de Curien, Gensollen [1992]

²²² on conserve la numérotation de la note. La notation présentée ici sera donc discontinuée.

$$(1.2) \quad \tilde{q} \in \arg \max_q \{V = \mathfrak{G}(\theta, N, q) - p \cdot q - A / \text{s.c. } V \geq 0\}$$

$$\tilde{q} \stackrel{\text{def}}{=} \tilde{q}(\theta, N, p)$$

On peut définir l'abonné marginal d'indice θ^m . C'est celui dont le surplus optimal est nul, pour un couple tarifaire (A, p) donné.

$$(1.4) \quad \mathfrak{G}(\theta, N, \tilde{q}^m) - p \cdot \tilde{q}^m = A$$

où $\tilde{q}^m \stackrel{\text{def}}{=} \tilde{q}(\theta^m, N, p)$ est la consommation optimale de l'abonné marginal.

Les conditions (1.1) et (1.4) définissent implicitement la valeur de l'indice de l'abonné marginal comme une fonction du menu tarifaire, $\theta^m(A, p)$.

$$(1.4 \text{ bis}) \quad \mathfrak{G}(\theta^m(A, p), 1 - F(\theta^m(A, p)), \tilde{q}^m) - p \cdot \tilde{q}^m - A = 0$$

$$\text{où} \quad \tilde{q}^m \equiv \tilde{q}(\theta^m(A, p), 1 - F(\theta^m(A, p)), p)$$

B - L'opérateur de réseau.

On définira l'utilité de l'opérateur de réseau comme le profit net d'exploitation moins la *désutilité de l'effort* (spécifiée par une fonction $\psi(e)$ strictement convexe : $d\psi/de > 0; d^2\psi/de^2 > 0; d^3\psi/de^3 \geq 0$)

$$(2-1) \quad U(e, A, p) = \Pi(e, A, p) - \psi(e);$$

$$\text{où :} \quad \Pi(e, A, p) = \int_{\theta^m(A, p)}^{\bar{\theta}} [(p - \beta) \cdot \tilde{q} + (A - \alpha + e)] dF(\theta)$$

Les coûts supportés par le réseau ont été répartis en deux catégories : le coût sensible au trafic, β , et le coût non sensible au trafic $a = \alpha - e$, qui a été rattaché à la ligne d'abonné. On fait donc l'hypothèse que le coût de la ligne d'abonné peut baisser à proportion d'un niveau "d'effort" (e) fourni par l'opérateur de réseau. Le paramètre α peut ainsi être décomposé en un *coût « technique »* de la ligne d'abonné (α_T) et un *coût conventionnel d'organisation* (α_C), donc : $\alpha = \alpha_T + \alpha_C$. Le paramètre « e » désigne alors *l'impact de l'effort déployé par l'opérateur, à technologie donnée, pour améliorer la productivité de l'organisation autour des lignes d'abonnés.*

En l'absence de contraintes institutionnelles, un opérateur de réseau maximisateur en situation de monopole déterminerait ses prix et son niveau d'effort de manière à optimiser son utilité (2-1)

$$(2-2) \quad \text{Max}_{e,A,p} U(e, A, p) \quad \text{s/c:} \quad U(e, A, p) \geq 0$$

Où la contrainte traduit une condition de participation (dite de "rationalité individuelle"). En supposant l'existence d'une solution intérieure ($U(e^M, A^M, p^M) > 0$) La taille du réseau est déterminée conjointement par la désutilité marginale de l'effort (2-3) et le menu tarifaire A^M, p^M .

$$(2-3) \quad \frac{\partial U}{\partial e} = 0 \Rightarrow 1 - F(\theta^m(A^M, p^M)) = \frac{d\psi(e^M)}{de};$$

Les conditions marginales d'optimalité permettent de déterminer la tarification binôme optimale du monopole. L'indice de Lerner, qui mesure le pouvoir de monopole de l'opérateur de réseau, est inversement proportionnel à l'élasticité-prix de la demande, et croît avec l'hétérogénéité de la population, qui détermine l'écart entre le consommateur marginal et le consommateur moyen. Nous avons déjà rencontré ce résultat dans le cadre du vidéotex. Il est caractéristique des tarifs binômes, indépendamment de l'effet externe de réseau.

$$(2-4) \quad \frac{p^M - \beta}{p^M} = \frac{1}{\varepsilon} \left(1 - \frac{\tilde{q}^m}{\tilde{q}^A} \right)$$

$$\text{avec :} \quad \varepsilon \equiv \frac{\text{def } p \cdot \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}}{\partial p} dF(\theta)}{\int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \tilde{q} dF(\theta)}; \quad \tilde{q}^A \equiv \frac{\text{def } \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \tilde{q} dF(\theta)}{1 - F(\theta^m)}$$

$$(2-5) \quad A^M = (\alpha - e^M) + \left(\frac{\partial \theta^m}{\partial A} \right)^{-1} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)} - (p^M - \beta) \cdot \left(\tilde{q}^m + \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}}{\partial N} \cdot dF(\theta) \right)$$

$$\text{avec :} \quad (2-6) \quad \left(\frac{\partial \theta^m}{\partial A} \right)^{-1} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)} = \underbrace{\frac{\partial \theta^m}{\partial \theta} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)}}_{\text{effet de discrimination}} - \underbrace{\frac{\partial \theta^m}{\partial N} \cdot (1 - F(\theta^m))}_{\text{effet de l'externalité}}$$

L'abonnement optimal est égal au coût moyen par abonné $a = \alpha - e^M$, modulé par deux termes :

$$(a) \quad \left(\frac{\partial \theta^m}{\partial A} \right)^{-1} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)} \text{ et : (b) } (p^M - \beta) \cdot \left(\tilde{q}^m + \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}}{\partial N} \cdot dF(\theta) \right)$$

Le premier terme (a), capture l'effet sur l'abonné marginal (et donc sur la taille du réseau) de la variation de l'abonnement²²³. Le second terme (b), représente la recette supplémentaire nette (du coût d'usage) que va réaliser l'opérateur de réseau lorsque le consommateur d'indice s'abonnera au réseau.

On peut interpréter (a) à partir de l'élasticité de la taille du réseau au tarif d'abonnement. En effet, si l'on désigne par $-\eta$ cette élasticité, et si l'on fait abstraction de l'effet d'usage (b), on voit immédiatement que l'abonnement s'écarte de son coût en raison inverse de l'élasticité-prix de la demande, puisque l'on a :

$$(2-7) \quad \left(\frac{\partial \theta^m}{\partial A} \right)^{-1} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)} = -N \cdot \left(\frac{\partial N}{\partial A} \right)^{-1} = \frac{A}{\eta}$$

Cependant, sous les hypothèses que nous avons faites, il apparaît, lorsque l'on décompose cette élasticité (2-6), que le terme $1/\eta$ peut lui-même être négatif, (ou faiblement positif) ce qui signifie que *l'effet d'externalité peut inciter le monopole à tarifer l'accès au-dessous de son coût.*, comme on l'a déjà vu avec le Minitel.

C - Sélection adverse, risque moral et observabilité ex-post des coûts.

La « *sélection adverse* », parfois appelée « *antisélection* » décrit une situation où un des protagonistes *ne peut observer une caractéristique intrinsèque de l'objet de l'échange*²²⁴. Le « *risque moral* » provient, au contraire *d'une action de l'un des protagonistes qui n'est pas observable par l'autre*²²⁵. La théorie des incitations considère au moins deux acteurs, dont l'un, souvent appelé le *principal* agit en leader de Stackelberg. Selon cette approche, il a le pouvoir de fixer certaines règles du jeu et de s'engager à les respecter.

²²³ $f(\theta^m)/(1 - F(\theta^m))$ peut être interprété comme la probabilité que l'abonné d'indice θ^m s'abonne au réseau, sachant qu'il y a déjà $1 - F(\theta^m)$ abonnés sur le réseau.

²²⁴ C'est Akerlof, dans un article de 1970 consacré au marché des véhicules d'occasions, qui a, le premier, montré clairement comment la sélection adverse pouvait entraver le fonctionnement d'un marché. En l'absence d'information, l'acheteur a intérêt à considérer qu'il se trouve en face d'un véhicule de mauvaise qualité (lemons) : les « *bons* » véhicules sont donc pénalisés pour les « *mauvais* ».

²²⁵ C'est Arrow, dans un article de 1963 sur l'assurance médicale qui a introduit le premier explicitement le concept de « *moral hazard* » dans la théorie économique. Pour une brève histoire de l'émergence de la théorie des incitations, on consultera Laffont (1993)

Dans ce qui suit, on considérera que le *principal* est un représentant des pouvoirs publics, que l'on désignera sous le nom de *planificateur*. Son objectif consiste à maximiser *le bien-être collectif* (en équilibre partiel), mesuré par la somme non pondérée du surplus des consommateurs et de l'opérateur de réseau, sous contrainte de participation de ce dernier (*rationalité individuelle*). La fonction du planificateur consiste, en quelque sorte, à *contrôler* le fonctionnement du marché conformément à un *critère de service public* réduit à un objectif de maximisation de la somme des surplus d'acteurs.

On suppose que le planificateur *n'observe pas l'effort* déployé par l'opérateur de réseau (*l'agent*) pour baisser, par une meilleure organisation, le coût de la ligne d'abonné (*risque moral*). Par contre, *il connaît parfaitement la fonction d'effort* de ce dernier²²⁶. Le coût de base de la ligne d'abonné, α , est également une information privée de l'opérateur de réseau (*sélection adverse*). On supposera que *le coût le plus élevé, $\bar{\alpha}$ est connaissance commune*. On pourra l'interpréter comme le coût de la technologie la moins efficace ($\bar{\alpha}_T$) augmenté du coût conventionnel d'organisation (α_C). le paramètre « e » désigne alors *l'impact de l'effort déployé par l'opérateur, à technologie donnée, pour améliorer la productivité de l'organisation*.

La possibilité d'observer *ex post* les coûts est une autre hypothèse importante de ce modèle. Cette configuration, présentée par Laffont, Tirole (1996, § 8, p.124-129) est relativement pertinente d'un point de vue empirique, même si l'observation détaillée des coûts suppose la mise en œuvre d'un audit, ce qui pose de nombreux problèmes pratiques²²⁷. A chaque période, au vu des résultats comptables publics, le régulateur pourrait toujours observer si les profits on globalement augmentés ou diminués, en imposant une présentation des comptes par composantes du réseau. Délaissant les aspects pratiques, on s'intéressera ici uniquement à *l'aspect sémantique* de cette configuration.

Le problème peut être résumé de la manière suivante. Le régulateur sait (ou saura) à peu près tout sur l'opérateur, mais *il ne peut le contraindre ex ante à faire des efforts*. Par contre, il

²²⁶ *C'est l'hypothèse la plus critiquable de cette approche*. Elle n'est cependant pas invraisemblable dans la mesure où le principal peut être un lui-même un expert ou s'entourer d'experts. On trouve chez les régulateurs des experts qui ont longtemps travaillé chez les opérateurs historiques. Dans un autre domaine, Taylor avait été un ouvrier professionnel hautement qualifié (comme les *compagnons* en France) avant d'être ingénieur spécialisé en organisation. Quand il parlait du *shirking* des ouvriers professionnels, il savait certainement de quoi il parlait.

²²⁷ La possibilité d'auditer les coûts n'est pas modélisée ici, mais les résultats existent chez Laffont, Tirole, 1993.

pourra toujours vérifier *ex post*, comme on va le montrer, s'il y a eu ou s'il n'y a pas eu effort. Un intérêt de cette configuration des modèles d'incitation réside précisément dans le caractère à la fois simple et extrême du rapport social entre les partenaires. Ici le problème de *révélation de l'information* se ramène à un « pur problème de transmission d'information », et le problème du régulateur au seul objectif d'incitation à l'effort pour l'opérateur. Dans le cadre institutionnel considéré (séparation du contrôle du marché et de l'exploitant demandé par le Livre Vert de la CCE), il s'agit donc d'abord de transformer une relation hiérarchique (de commandement) en une relation purement marchande. Dans ce dernier cas, *l'incertitude ex ante* sur le coût α (sélection adverse) joue principalement un rôle dans la marge dont dispose le régulateur pour inciter l'opérateur à l'effort en lui abandonnant de la rente. En effet, si le coût effectif est inférieur au coût annoncé, l'opérateur encaisse alors un bonus (Laffont, Tirole, 1996, p.128-129). Du point de vue de la politique de régulation, ce type de contrat (avec coûts observables *ex post*) sera d'autant plus incitatif à l'effort que la période sur laquelle s'engage le régulateur est longue, afin que l'opérateur puisse s'approprier une quantité suffisante de rente.

Comme on a supposé que le planificateur connaissait la fonction d'effort et qu'il pouvait également observer le coût *ex-post*, si l'opérateur lui annonce un coût de base α , il pourra observer ultérieurement le coût total par ligne correspondant: $a(\alpha)$ il peut donc en déduire l'effort optimal, conditionnellement à l'information dont il dispose : $e(\alpha) = \alpha - a(\alpha)$

Comme le coût est observable *ex-post*, les possibilités dont dispose l'opérateur pour dissimuler un faible niveau d'effort derrière une fausse annonce de α sont relativement limitées. Lorsque le coût annoncé est α , l'opérateur dont le vrai paramètre de productivité serait $\hat{\alpha}$ devrait fournir, pour ne pas être découvert, un niveau d'effort $e(\hat{\alpha}/\alpha)$ compatible avec les déductions du planificateur. Ce dernier s'attend en effet à observer *ex-post* un coût égal à $a(\alpha) = \alpha - e(\alpha)$. On doit donc avoir : $\hat{\alpha} - e(\hat{\alpha}/\alpha) = \alpha - e(\alpha)$ et donc :

$$(3-1) \quad e(\hat{\alpha}/\alpha) = e(\alpha) - (\alpha - \hat{\alpha}).$$

Les connaissances (objectives ou subjectives) du planificateur sur la distribution du coût peuvent être figurées par une distribution de probabilité sur α . On supposera que la vraie valeur du coût de base, appartient toujours à l'intervalle $[\underline{\alpha}, \bar{\alpha}]$. On a $G(\bar{\alpha}) = 1$ et $G(\underline{\alpha}) = 0$. On suppose encore que $G(\alpha)/g(\alpha)$ est non décroissante. Laffont-Tirole (1993, p. 66-67) suggèrent une interprétation possible de la distribution des coûts de base. Transposé

dans le cadre de notre interprétation précédente, $\bar{\alpha} - \alpha = \bar{\alpha}_T - \alpha_T$, désignerait le nombre d'innovations incrémentales (en particulier organisationnelles) améliorant les performances de la technologie de base. $G(\alpha)$ mesurerait alors la probabilité qu'il y ait eu au moins $\bar{\alpha} - \alpha$ innovations, $g(\alpha)d\alpha$ la probabilité qu'il y ait entre $\bar{\alpha} - \alpha$ et $\bar{\alpha} - \alpha + d\alpha$ innovations. $g(\alpha)/G(\alpha)$ désignerait alors la probabilité conditionnelle qu'il n'y ait plus d'innovation sachant qu'il y en a déjà eu $\bar{\alpha} - \alpha$. L'hypothèse de *non décroissance* peut ainsi être *interprétée* comme une hypothèse de *rendements non-croissants de l'innovation* : plus la firme a innové, moins grande est la probabilité qu'une autre innovation incrémentale intervienne.

On décomposera le programme du planificateur en deux étapes : premièrement, la détermination du menu tarifaire optimal sous contrainte de profit, deuxièmement, détermination de l'effort optimal.

- 1° Etape : *maximisation du surplus des consommateurs par rapport aux prix.*

Dans cette étape, le planificateur cherche à déterminer la valeur Π_0 d'une contrainte sur le niveau des profits qui puisse être associée à la maximisation du surplus collectif. Dans ce but, considérons le programme en prix (3-2)

$$(3-2) \quad \text{Max}_{A,p} \{S(A,p)\} \quad \text{s.c./} \quad \Pi(\alpha - a, A, p) \geq \Pi_0$$

$$\text{avec} \quad S(A,p) = \int_{\theta^m(A,p)}^{\bar{\theta}} \tilde{V}(\theta, A, p) . dF(\theta)$$

On peut remarquer que la contrainte dans (3-2) serait équivalente à la contrainte de rationalité individuelle de l'opérateur de réseau si l'on avait : $\Pi_0 = \psi(e(A^*, p^*))$. On supposera, pour l'instant, une solution intérieure ($\Pi_0 > \psi(e)$) La résolution de ce problème permet d'écrire l'indice de Lerner et le montant de l'abonnement A^* , pour l'optimum de second rang contraint par le niveau de profit minimum Π_0 , en fonction du coût fictif lié à cette contrainte, $\mu(\Pi_0)$. Afin de présenter les résultat sous une forme classique de Ramsey-Boiteux, on pose²²⁸ :

²²⁸ Où : $\lambda(\Pi_0)$ est égal au multiplicateur associé à la contrainte de rationalité individuelle dans le programme en information complète lorsque $\Pi_0 = \psi(e(A^*, p^*))$. Cette égalité traduit alors l'*absence de rente informationnelle* : le profit d'exploitation compense juste la désutilité de l'effort et le surplus de l'opérateur est nul. Dans le cas présent, la valeur de λ dépend de la contrainte de profit Π_0 .

$$\mu(\Pi_0) \stackrel{\text{def}}{=} 1 + \lambda(\Pi_0)$$

$$(3-3) \quad \frac{p^* - \beta}{p^*} = \frac{\lambda(\Pi_0)}{1 + \lambda(\Pi_0)} \cdot \frac{1}{\varepsilon} \left(1 - \frac{\tilde{q}^m}{\tilde{q}^A} \right)$$

$$(3-4) \quad A^* = a + \frac{\lambda(\Pi_0)}{1 + \lambda(\Pi_0)} \cdot \left(\frac{\partial \theta^m}{\partial A} \right)^{-1} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)}$$

$$- \frac{1}{1 + \lambda(\Pi_0)} \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial N} dF(\theta) - (p^* - \beta) \cdot [\tilde{q}^m + \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial q}{\partial N} dF(\theta)]$$

$$(3-5 \text{ bis}) \quad \Pi_0 = \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} [(p^* - \beta) \cdot \tilde{q} - (A^* - a)] dF(\theta) \text{ ssi: } (1 + \lambda(\Pi_0)) > 0$$

Par rapport à la solution en monopole (2-4 ; 2-5), le coût fictif λ de la contrainte de profit joue un rôle modérateur qui vient *diminuer le prix et l'abonnement optimal*. Mais *cette contrainte agit plus particulièrement sur la partie non sensible au tarif, puisqu'elle oblige l'opérateur à internaliser, par une baisse de l'abonnement, la variation marginale de surplus pour l'ensemble des abonnés du réseau*. A l'optimum de premier rang (en l'absence de contrainte de profit), le prix de l'usage devrait être égal au coût marginal ($p^0 = \beta$), et *l'abonnement devrait être suffisamment inférieur à son coût pour internaliser la totalité de l'externalité* :

$$A^0 = a - \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial N} dF(\theta)$$

La condition (3-5 bis) permet d'écrire le surplus du consommateur sous forme d'une fonction du coût annoncé et de la contrainte de profit.

$$(3-6) \quad W(e, \Pi_0) \stackrel{\text{def}}{=} \text{Max}_{A, p} \{ S(A, p) / \Pi(e, A, p) = \Pi_0 ; e(\alpha) = \alpha - a \}.$$

L'impact de l'effort et de la contrainte de profit sur le surplus collectif peut être évalué avec les dérivées partielles de $W(e, \Pi_0)$, grâce au théorème de l'enveloppe²²⁹ :

$$(3-7) \quad \frac{\partial W(e, \Pi_0)}{\partial e} = (1 + \lambda) \cdot (1 - F(\theta^m(A^*, p^*)))$$

²²⁹ voir la note, annexe 3-2.

$$(3-8) \quad \frac{\partial W(e, \Pi_0)}{\partial \Pi_0} = -(1 + \lambda)$$

- 2° étape : le mécanisme révélateur.

Lorsqu'un opérateur annonce le coût α , le planificateur, qui connaît la fonction d'effort $\psi(\alpha - a)$ s'attend à observer ex-post un coût par ligne $a(\alpha) = \alpha - e(\alpha)$. Il impose un niveau de profit $\Pi_0(\alpha) = \psi(\alpha - a(\alpha))$ selon (3-5 bis).

En l'absence de possibilité de transfert financier entre l'opérateur et le planificateur, ce dernier doit également fixer $\Pi_0(\alpha) = \psi(\alpha - a(\alpha))$ selon (3-3) et (3-4). Alors $\tilde{q}(\theta, 1 - F(\theta^m), p(\alpha))$ et $\theta^m(A(\alpha), p(\alpha))$ sont également (indirectement) déterminés. L'ajustement sera réalisé par la flexibilité de l'effort, relativement au coût réel, selon (3-1).

Un mécanisme révélateur est incitatif si l'annonce optimale de l'opérateur est telle que l'utilité qu'il retire quand il donne le vrai coût est supérieure à l'utilité qu'il retire quand il donne une autre valeur : $\hat{U}(\hat{\alpha}, \hat{\alpha}) \geq \hat{U}(\alpha, \hat{\alpha})$. En définissant $\hat{U}(\alpha, \hat{\alpha})$ selon (3-9), :

$$(3-9) \quad \hat{U}(\alpha, \hat{\alpha}) = \hat{\Pi}(\alpha) - \psi(e(\alpha) - (\alpha - \hat{\alpha}))$$

$$\text{où : } \hat{\Pi}(\alpha) = \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} [(p(\alpha) - \beta) \cdot \tilde{q} - (A(\alpha), -a(\alpha))] dF(\theta)$$

$$\text{avec : } \tilde{q} \equiv \tilde{q}(\theta, 1 - F(\theta^m), p(\alpha)) ; \quad \text{et : } \theta^m \equiv \theta^m(A(\alpha), p(\alpha))$$

la contrainte incitative peut alors s'écrire :

$$(3-10) \quad \hat{\Pi}(\hat{\alpha}) - \psi(e(\hat{\alpha})) \geq \hat{\Pi}(\alpha) - \psi(e(\alpha) - (\alpha - \hat{\alpha}))$$

La maximisation de (3-9) sous contrainte (3-10) entraîne l'écriture différentielle de la contrainte incitative :

$$(3-11) \quad \frac{\partial \hat{U}}{\partial \alpha} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{d\hat{\Pi}}{d\alpha} \stackrel{\text{def}}{=} \dot{\Pi} = \frac{d\psi}{de} \cdot \left(\frac{de}{d\alpha} - 1 \right)$$

:

$$\text{et la condition de 2° ordre : } (3-12) \quad \frac{de}{d\alpha} \leq 1$$

Cette condition doit être valable pour tout $\alpha \in [\underline{\alpha}, \bar{\alpha}]$. Comme $c(\alpha)$ est une fonction croissante de α , sa validité est ici globale. (Laffont, Tirole, 1986, p.111 ; 1993, p 63).

Selon la condition de rationalité individuelle, le surplus de l'opérateur doit être positif ou nul pour tous les niveaux de coûts :

$$(3-13) \quad U(\alpha) \geq 0 \quad \Rightarrow \quad \Pi(\alpha) \geq \psi(e(\alpha))$$

Comme, sous les conditions (3-11) et (3-12), $\Pi(\alpha)$ est décroissant avec α , cette condition peut être remplacée par la condition de nullité du surplus lorsque le coût est le plus élevé possible :

$$(3-14) \quad U(\bar{\alpha}) = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \Pi(\bar{\alpha}) = \psi(e(\bar{\alpha})) \Rightarrow \quad U(\alpha) \geq 0$$

Comme $\bar{\alpha}$ est connaissance commune, la condition (3-14) ne fait que traduire *l'absence de rente informationnelle en information complète*. Les trois conditions précédentes suggèrent que, comme le profit est une fonction décroissante du coût, En l'absence de mécanisme révélateur, l'opérateur pourrait s'approprier une rente informationnelle d'autant plus grande que son coût de base, α , est faible. C'est en particulier ce qui se passerait si le planificateur mettait en œuvre une procédure de contrôle des prix (prix plafonds) correspondant à un menu (A, p) calculé d'après (3-3) à (3-5) sur la base du coût maximal $\bar{\alpha}$. Si le planificateur désire réduire cette rente informationnelle, il doit mettre en œuvre un mécanisme incitatif basé sur les conditions (3-11) à (3-14). Comme il ne possède qu'une information limitée sur la vraie valeur de α , il maximise alors l'espérance de surplus collectif, entre $\underline{\alpha}$ et $\bar{\alpha}$, sous ces contraintes incitatives. Ce problème peut être traité comme un programme de contrôle optimal, où $\Pi(\alpha)$ et $e(\alpha)$ seront les variables d'état, et $\omega(\alpha) = \frac{de}{d\alpha}$ la commande.

(on pose: $\frac{de}{d\alpha} \stackrel{\text{def}}{=} \dot{e}$).

$$(3-15) \quad \text{Max}_e \int_{\underline{\alpha}}^{\bar{\alpha}} (W(e(\alpha), \hat{\Pi}(\alpha))e + \overbrace{\Pi(\alpha) + \psi(e(\alpha))}^{\hat{U}(\alpha)}) . g(\alpha) d\alpha$$

$$\dot{\Pi} = \frac{d\psi}{de} . (\omega(\alpha) - 1)$$

$$\dot{e} = \omega(\alpha)$$

$$\omega(\alpha) \leq 1$$

$$\Pi(\bar{\alpha}) = \psi(e(\bar{\alpha}))$$

La résolution de ce programme donne une relation entre l'effort optimal et la taille du réseau information asymétrique :

$$(3-16) \quad \frac{d\psi}{de} = [1 - F(\theta^m(A^*(\alpha), p^*(\alpha)))] - \frac{\int_{\alpha}^{\alpha} \lambda(a) \cdot g(a) da}{(1 + \lambda(\alpha)) \cdot g(\alpha)} \cdot \frac{d^2\psi}{de^2}$$

D - Prix plafond et contrôle "coût/profit".

Lorsque l'opérateur fait face à un transfert monétaire non linéaire (ou à un menu de tarifs linéaires) il choisit lui-même le barème qui correspond le mieux à sa situation. L'opérateur le moins performant choisit un barème de type « *coût/profit* », puisqu'il est assuré du remboursement de ses coûts, et qu'il n'a aucun intérêt à la dissimulation. Par contre, un opérateur performant aurait intérêt à choisir un contrat relativement indépendant des coûts, pour conserver une certaine rente informationnelle. Par contre, lorsque les instruments à la disposition des pouvoirs publics sont limités aux deux extrêmes : « *prix-plafond* » et *contrôle coût/profit*, le régulateur doit choisir entre deux maux : *un contrat de type coût/profit permet de réduire la rente informationnelle, mais diminue l'effort (selon 3-16). Un contrat de type "prix-plafond" (qui est équivalent, in fine, à un transfert forfaitaire indépendant des coûts) incite à l'effort, puisque l'opérateur peut alors bénéficier du résultat de ces efforts, mais lui laisse de la rente informationnelle, comme cela apparaît clairement dans la littérature*²³⁰.

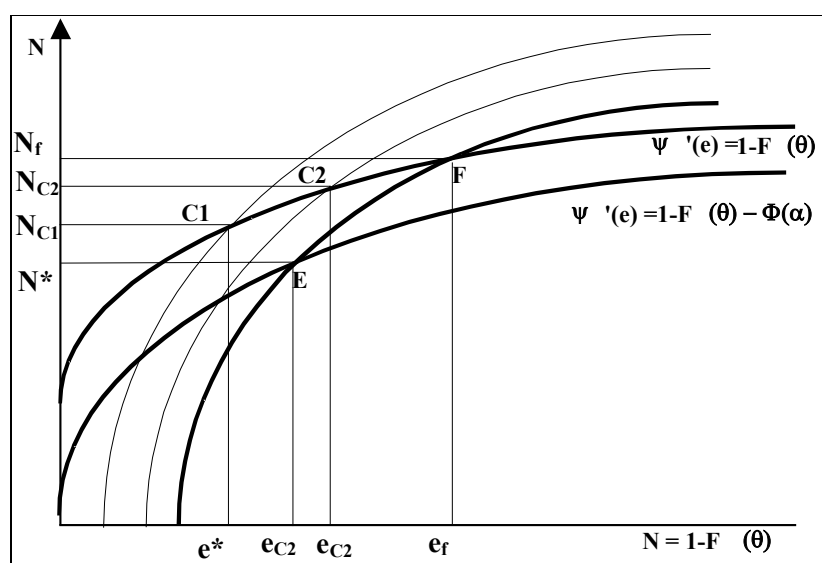
Le modèle présenté ici suggère un lien intéressant entre ces deux solutions extrêmes²³¹. La première étape du calcul permet de déterminer le barème de prix optimal (A^*, p^*) pour un niveau de profit Π_0 donné. Comme le planificateur connaît le coût le plus élevé $\bar{\alpha}$, et la forme de la fonction d'effort, il peut déterminer le niveau de profit et le barème de prix optimal qui permet de capturer toute la rente de l'opérateur le moins efficace : $\Pi_0(\bar{\alpha}) = \psi(\bar{\alpha} - a(\bar{\alpha}))$. On peut montrer qu'il sera ensuite en mesure de décentraliser cet

²³⁰ Laffont-Tirole (1993), Curien Gensollen (1992)

²³¹ L'autre lien entre ces deux formes de contrôle est de nature dynamique. Un opérateur *efficace* a intérêt à choisir un *transfert forfaitaire* (ou un « *price cap* », dans le but de conserver de la rente durant toute la durée du contrat avec le régulateur. Comme les coûts sont observables ex post, si ce contrat est révisé trop souvent sur la base des effets observés de l'effort, alors l'opérateur ne peut pas conserver beaucoup de rente et, à la limite, il a intérêt à choisir un contrat de type *cost plus* ou (*rate of return*), où il révèle toute son information (et ne prélève aucune rente) mais n'est pas tenu de faire des efforts.

optimum en fixant un barème-plafond tel que : $\bar{A} = A^*(\bar{\alpha})$ et $\bar{p} = p^*(\bar{\alpha})$, ce qui revient à assurer un transfert forfaitaire fixe indépendant du coût, qui laisse une rente à tous les opérateurs qui ont un coût : $\alpha < \bar{\alpha}$. On peut donc, à l'aide du modèle comparer les résultats d'une procédure de price-cap qui serait fondée sur les coûts connus les plus élevés, à la procédure "coût/profits" que décrit le modèle. Comme il n'existe pas de résultats généraux, et que la forme des fonctions et la valeur des paramètres joue un rôle crucial, le graphique 3-1, qui illustre notre propos sert juste à donner l'intuition du problème, sans prétendre le résoudre explicitement.

Graphique 3-1



En situation d'information parfaite, l'équilibre correspond au point F. En situation d'asymétrie d'information, deux stratégies sont possibles pour le planificateur. D'une part, il peut mettre en oeuvre un mécanisme incitatif pour inviter l'opérateur à révéler son vrai coût, mais cette solution diminue l'effort que ce dernier est prêt à fournir pour le développement du réseau. D'autre part, il peut imposer un prix plafond, qui correspondrait ici à la solution du programme (3-2) en situation d'information parfaite (c'est à dire pour le coût le plus élevé). Cette seconde solution est incitative à l'effort, mais laisse de la rente à l'opérateur de réseau si son coût est inférieur au coût maximal. Deux cas peuvent se présenter. Soit l'effet d'incitation domine l'effet d'information (C1), Dans ce cas, la solution de type "cost plus" (contrôle des profits) est préférable. Soit l'effet d'incitation est dominé par l'effet d'information (C2), Dans ce cas, une solution de type contrôle des prix est préférable.

Le modèle qui a été présenté ne prétend pas apporter une réponse à tous les problèmes de réglementation, comme le souligne Laffont [1991], mais on a montré qu'il fournit un cadre

commode pour l'étude des rapports entre la régulation des opérateurs et l'effet des externalités de réseau. Si les résultats intermédiaires présentés ici ne sont pas radicalement nouveaux, l'application de ce modèle à l'étude de la détermination des charges d'accès à un réseau local (ou entre réseaux locaux) devrait permettre des avancées beaucoup plus significatives.

3.2.2. Interconnexion et partage de l'externalité.

Le problème des charges d'interconnexion existe déjà dans *l'ancien régime des télécommunications*, mais il ne concernait alors que les appels internationaux. Comme les opérateurs se trouvaient tous en monopole local sur leur domaine respectif, ils utilisaient un principe conventionnel, la « *taxe de répartition* » qui répartissait la recette de chaque appel en deux parts égales (le « *demi - circuit* »).

*A - L'interconnexion des réseaux en situation de concurrence*²³².

Depuis l'ouverture des réseaux à la concurrence, cette formule n'est plus envisageable puisqu'une grande partie des appels transitent par le réseau de l'opérateur historique, ce qui obligerait ses concurrents à lui verser la moitié des recettes correspondantes. Il n'existe cependant pas de méthode unique pour évaluer cette charge. En effet, l'exploitation d'un réseau de télécommunications entraîne de nombreux coûts qui ne peuvent pas être affectés directement à un service particulier. Il s'agit donc le plus souvent de répartir entre l'opérateur historique et ses rivaux des coûts associés à l'usage commun d'éléments du réseau de l'opérateur historique (comme des fonctions de commutation et de transmission). Ceci est proche de la question de l'allocation des coûts communs dans la comptabilité analytique d'une entreprise, mais ici, plusieurs entreprises sont concernées, et elles sont en concurrence. Or, les comptes analytiques nous apprennent que l'arbitraire des règles d'affectations déforme d'autant plus les résultats que le « *burden rate* » (le poids des coût non affectables dans l'activité) est élevé. Comme ce taux est particulièrement élevé dans les réseaux de télécommunications, et que la rentabilité (et même la viabilité) des opérateurs en concurrence est en jeu, cette question est devenue un enjeu central du processus de libéralisation.

La méthode comptable (« *coûts complets entièrement distribués* » FDC = *Fully Distributed Costs*) consiste donc à répartir les coûts communs au prorata d'un indicateur arbitraire comme le chiffre d'affaires, la quantité de trafic ou de tout autre indicateur d'usage. Elle a trois

²³² Cette rapide présentation est une version courte de Dang Nguyen, Phan, 2000 Chapitre 3 p. 56-62.

défauts : d'abord le choix du critère de répartition reste arbitraire. Enfin l'allocation n'est pas nécessairement efficace et peut donner lieu à des sur - consommations ou au contraire des sous - consommations artificielles. Enfin, le coût est « *historique* » et inclut donc des inefficacités éventuelles héritées du passé

On peut cependant trouver à la méthode FDC deux avantages. Premièrement, c'est certainement la plus aisée à mettre en œuvre, si l'on dispose d'une bonne comptabilisation des coûts. Deuxièmement, son caractère arbitraire donne beaucoup de flexibilité politique à l'agence de régulation. Par exemple, les prix de l'opérateur historique peuvent être élevés à cause de choix inefficients réalisés dans le passé et dont les effets peuvent être longs à résorber. Si le régulateur ne veut favoriser que les nouveaux entrants les plus efficaces, tout en laissant du temps à l'opérateur historique pour s'adapter, il peut choisir une clef de répartition en volume. Au contraire, s'il choisit une clef de répartition en valeur, il fera supporter une part plus importante des charges communes par l'opérateur historique, car ses prix sont plus élevés. Une clef en valeur aura pour conséquence d'inciter l'opérateur historique à baisser plus rapidement ses prix : lorsque son taux de marge sur coût direct sera équivalent à celui de ses concurrents, répartitions en valeurs et en volume deviennent équivalentes.

La méthode dite des « *coûts incrémentaux moyens de long terme* » (CIMLT) est également fondée sur la répartition des coûts. Elle revient à évaluer la charge d'interconnexion en fonction du coût direct que le concurrent interconnecté occasionne à l'opérateur historique. Il s'agit donc d'un coût anticipé à long terme, qui inclue le progrès technique attendu et une meilleure optimisation du réseau. La règle CIMLT prévoit également une marge sur les coûts directs pour intégrer les coûts communs non affectables, mais ces derniers sont évalués au coût de la dernière technologie disponible. Cette méthode est plus avantageuse pour les nouveaux concurrents et les agences de régulation ont annoncé leur intention de veiller à ce que les charges d'interconnexion s'orientent à l'avenir vers les CMILT.

Une deuxième méthode a été proposée par Willig et reprise par Baumol et Sidack (1994) sous le nom de ECPR (*Efficient Component Pricing Rule*). Elle revient à fixer une charge d'accès qui compense exactement la perte de profit que l'opérateur historique subit par suite de l'entrée de concurrents sur la partie concurrencée de son réseau. Cette méthode a deux propriétés qui concernent la période initiale d'ouverture à la concurrence. Premièrement, à court terme, l'opérateur historique est indifférent entre laisser entrer ses rivaux ou rester en monopole. Deuxièmement, si le nouvel entrant peut payer cette charge, c'est qu'il est plus efficace que l'opérateur historique. La règle ECPR invite donc l'opérateur historique à se

retirer des marchés où il fait face à des rivaux plus efficaces, car de toute façon ce retrait ne lui coûte rien en termes de profit. Economiquement, il s'agit de *limiter l'effet de la concurrence aux situations préférées au sens de Pareto*, c'est à dire celles qui améliorent la situation d'au moins un agent (le concurrent qui peut entrer et réaliser des profits positifs et les clients qui peuvent voir les prix baisser) sans dégrader celle des autres (l'opérateur historique, les clients des autres segments qui ne bénéficient pas d'une baisse des prix). Plus encore que FDC, cette méthode apparaît très contingente, liée au processus d'ouverture des réseaux à la concurrence.

Laffont et Tirole (1993, 1994, 1996) ont conçu un mécanisme de ventilation des coûts fixes qui intègre les effets de demande à travers les élasticité-prix d'une formule de Ramsey - Boiteux généralisée. Selon ce principe, la marge autorisée est inversement proportionnelle à l'élasticité prix de la demande. La marge sur les coûts communs aura ainsi tendance à se reporter sur les services jugés les plus indispensables, pour lesquels l'élasticité - prix est la plus faible, ce qui se traduit par une marge élevée. A l'opposé, les services pour lesquels l'élasticité prix est forte seront peu « *chargés* » en coûts communs, car la marge permise sera faible. En information parfaite, les prix de Ramsey - Boiteux sont calculés de manière à assurer à l'opérateur un profit juste suffisant pour l'inciter à produire. En information imparfaite (lorsque l'agence de régulation -le principal- n'observe ni les coûts ni l'effort de l'opérateur pour réduire ces coûts), Laffont et Tirole ajoutent à cette formule un terme incitatif à la baisse des coûts de l'opérateur historique qui traduit l'abandon par l'agence de régulation d'une « *rente informationnelle* » qui rémunère l'effort réalisé par l'opérateur pour baisser ses coûts, selon un principe identique à celui qui a déjà été présenté pour le « *price cap* ».

La formule proposée par Laffont et Tirole est la plus séduisante du point de vue théorique, mais n'a eu que peu d'implication pratique car les agences de régulation ne disposaient pas lors de l'ouverture à la concurrence de suffisamment d'informations pour calculer des prix de Ramsey - Boiteux. En effet, les élasticités - prix ne sont la plupart du temps révélés que « *ex post* », lorsque les prix ont effectivement varié et que l'on peut observer localement les réactions des consommateurs. En outre, les valeurs correspondantes restent « *locales* » et l'on ne peut pas toujours déduire de leur analyse ce qui se passerait dans des circonstances différentes pour lesquelles on ne dispose pas d'observations. Enfin, ces paramètres peuvent varier dans le temps avec les effets d'apprentissage des consommateurs et les stratégies marketing utilisées par les concurrents en présence. Lorsque des évaluations de ce type

existent, elles fournissent cependant des points de repères utiles, en particulier lorsque l'on veut évaluer la nature des écarts entre méthodes (tableau 3-1)

Tableau 3-1 : Comparaison des méthodes de détermination des charges d'accès				
<i>Prix d'interconnexion</i>	<i>Réels</i>	<i>incrémentaux + marge</i>	<i>ECPR</i>	<i>Ramsey</i>
Appel local	0,7	1,4	1,9	1,7
Longue distance simple transit	1,1	1,1	4,3	1,6
Longue distance double transit	3,3	3,7	4,7	2,6

Source : Oftel prix en cents par minute

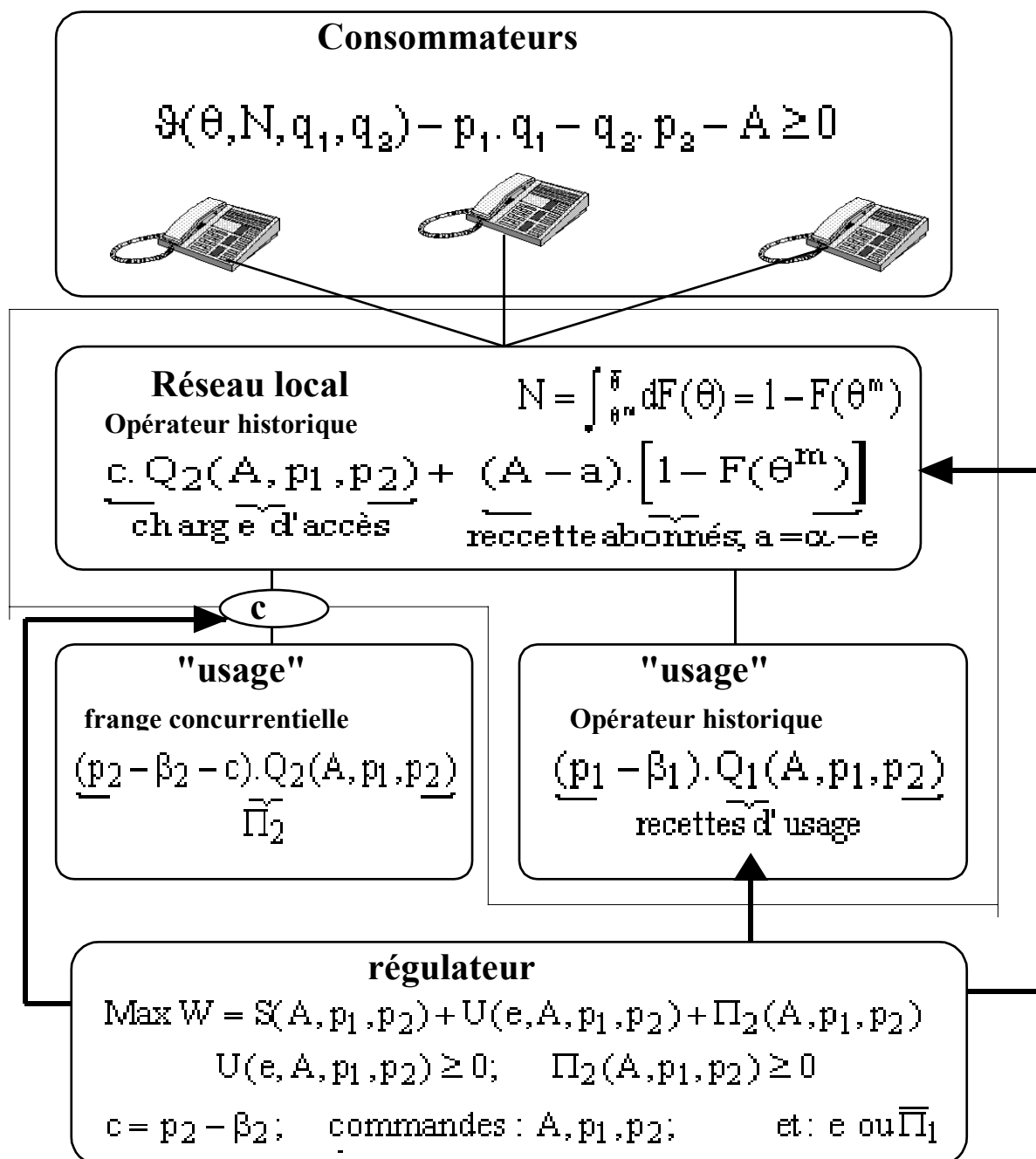
B - un modèle de charge d'accès fondé sur le partage des coûts induits par l'externalité de réseau

L'ensemble de la littérature sur les charges d'interconnexion (cf. Amstrong, Doyle, Vicker, 1996 ; Laffont, Tirole, 2000) traite donc d'une situation sans externalités, ou la charge résulte de la nécessité de partager les coûts du réseau. Phan (1995) propose une modélisation de la détermination de la charge d'accès et des prix d'un opérateur de réseau, service caractérisé par une externalité de réseau de type club. Pour bien isoler la question du partage de l'externalité, on considère que le réseau de distribution a un coût nul²³³. Dans ce modèle, on suit l'approche de type « *fully efficient rule* », développée par Laffont-Tirole (1993, 1994, 1996). On considère deux situations. En information complète, l'hypothèse de frange concurrentielle, tout ce passe "comme si" un monopole public répartissait ce déficit d'accès entre plusieurs usages alternatifs, au prorata d'une « *super élasticité-prix* », corrigée pour le tarif binôme. Sous ces hypothèses, on montre que l'existence de l'externalité de réseau peut entraîner la nécessité de verser une « *charge d'accès* » à l'exploitant d'un réseau « *d'accès* », même en l'absence de tout coût de raccordement du réseau « *d'usage* » concurrent, lorsque l'internalisation de l'externalité passe par une distorsion des tarifs dans une formule binôme. La charge d'interconnexion correspond alors à la quote-part pour le concurrent de la contribution prélevée sur les recettes d'usage pour compenser le déficit d'accès.

²³³ Cette hypothèse n'est d'ailleurs pas complètement irréaliste dans la mesure où, lors du « *dégroupage de la boucle locale* » (c'est-à-dire de l'ouverture du réseau de distribution de l'opérateur historique bien après le commutateur d'abonnés), les concurrents de l'opérateur historique soutiennent que le réseau a déjà été payé depuis longtemps par l'abonné et qu'ils peuvent donc s'y raccorder sans bourse délier.

On considère ensuite une situation avec double asymétrie d'information, où l'agence de régulation contracte avec l'opérateur historique. Les coûts sont supposés observables ex-post, et les asymétries informationnelles portent sur le coût de la ligne d'abonné (plutôt que sur le coût d'usage). Il ne peut pas y avoir de transferts monétaires entre les pouvoirs publics et l'opérateur de réseau.

Figure 3-1 : l'architecture du marché consommateurs, carriers et interconnexion



* *Organisation du marché*

On considère ici trois catégories d'acteurs. Premièrement, les *consommateurs* sont caractérisés par des préférences hétérogènes, formalisées par une fonction de surplus quasi-linéaire. Deuxièmement, le *planificateur / agence de régulation*, contrôle un certain nombre de variables de commande et maximise la somme des surplus d'acteurs, sous contrainte de participation des opérateurs, et sans effectuer de transferts de fonds publics. Troisièmement, les *opérateurs de réseau*, que l'on classe en deux catégories : la *frange concurrentielle* et l'*opérateur historique*. On distingue dans l'activité de ces opérateurs deux fonctionnalités complémentaires : le réseau d'usage et le réseau de distribution locale. On néglige les communications téléphoniques strictement locales et l'on suppose que la fourniture d'une communication repose toujours sur la mise en œuvre conjointe de ces deux fonctionnalités.

Ces deux catégories d'opérateurs se font concurrence sur l'usage où ils écoulent un trafic Q_1 (pour l'opérateur historique) et Q_2 (pour la frange concurrentielle). L'opérateur historique a le monopole du réseau de distribution locale. Il gère donc N abonnés qui sont raccordés selon un coût unitaire a , couvert par deux ressources : un abonnement A , payé par tous les abonnés, et une *charge d'accès* au réseau local, payé par la frange concurrentielle²³⁴. On suppose que l'accès au réseau local de distribution se fait sans coût, que ce soit pour les opérateurs de réseaux ou pour les abonnés. Ces derniers peuvent choisir leur réseau d'usage à chaque appel, et bénéficient donc d'un « *equal access* » aux deux réseaux. la question que l'on se pose est alors la suivante : *doit-on faire payer à la frange concurrentielle une charge d'accès pour contribuer à un éventuel déficit sur le réseau local, lié à un objectif de service universel ?*

* *Le programme en information complète et l'interprétation des résultats*

On suppose dans cette étape que le planificateur impose une contrainte $\bar{\Pi}_1$ sur le niveau des profits qui puisse être associée à la maximisation du surplus collectif. Dans ce but, considérons le programme en prix (2-3)

$$(2-3) \quad \underset{A, p_1, p_2}{\text{Max}} \{S(A, p_1, p_2)\} \quad \text{s.c./} \quad \Pi_1(e, A, p_1, p_2) \geq \bar{\Pi}_1; \quad \Pi_2(A, p_1, p_2) = 0;$$

$$\text{avec} \quad S(A, p_1, p_2) = \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \tilde{V}(\theta, A, p_1, p_2).dF(\theta)$$

²³⁴ On considère, dans un premier temps, que cette charge d'accès est proportionnelle au trafic correspondant de la frange concurrentielle, Q_2 .

Comme le transfert de fonds publics est supposé coûteux, les contraintes devront être serrées, et la condition de nullité du profit de la frange concurrentielle déterminera une charge d'accès égale à sa marge sur coûts variables : $c = p_2 - \beta_2$. Cette simplification, utilisée par Laffont, Tirole (1994) permet de substituer cette marge à la charge d'accès dans la fonction objectif de l'opérateur installé. Cette fonction intègre alors le profit joint des deux firmes, et tout se passe alors comme si la firme installée exploitait directement les deux réseaux. Notons que la contrainte dans (2-3) serait équivalente à la contrainte de rationalité individuelle de l'opérateur installé ($U(e, A, p_1, p_2) = 0$), si l'on avait, à l'optimum : $\bar{\Pi}_1 = \psi(e(A^*, p_1^*, p_2^*))$. On supposera, pour l'instant, une solution intérieure ($\bar{\Pi}_1 > \psi(e)$). La contrainte de profit sera endogénéisée par la suite, avec la détermination du niveau d'effort optimal. Après simplification (Annexe 2). Les conditions nécessaires du 1er ordre (2-4) à (2-6) permettent d'écrire l'indice de Lerner et le montant de l'abonnement A^* , qui correspond à l'optimum de second rang contraint par le niveau de profit minimum $\bar{\Pi}_1$, en fonction du coût fictif lié à cette contrainte, $\mu(\bar{\pi}_1)$. Afin de présenter les résultats sous une forme classique de Ramsey-Boiteux, on pose²³⁵ : $\mu(\bar{\pi}_1) \stackrel{def}{=} 1 + \lambda(\bar{\pi}_1)$. L'indice de Lerner, qui mesure le pouvoir de marché de l'opérateur, est inversement proportionnel à $\hat{\epsilon}_j$, la *super élasticité-prix* de la demande (Brown, Sibley, 1986, p.42-43; p.194-199), corrigée ici pour tenir compte des spécificités du tarif binôme. L'indice de Lerner croît avec l'hétérogénéité de la population, qui détermine l'écart entre l'usage marginal, \tilde{q}_j^m et l'usage moyen \tilde{q}_j^M . Ce résultat est caractéristique des tarifs binômes, indépendamment de l'externalité de réseau.

$$(2-4) \quad \boxed{\frac{p_j^* - \beta}{p_j^*} = \frac{\lambda(\bar{\pi}_1)}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \cdot \frac{1}{\hat{\epsilon}_j} \left(1 - \frac{\tilde{q}_j^m}{\tilde{q}_j^M} \right)} \quad \text{où :} \quad \tilde{q}_j^M \stackrel{def}{=} \frac{\int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \tilde{q}_j dF(\theta)}{1 - F(\theta^m)};$$

avec la *super élasticité-prix* corrigée pour le tarif binôme :

²³⁵ Où $\lambda(\bar{\pi}_1)$ est égal au multiplicateur associé à la contrainte de rationalité individuelle dans le programme en information complète lorsque $\bar{\Pi}_1 = \psi(e^*(A^*, p_1^*, p_2^*))$. Cette égalité traduit alors l'absence de rente informationnelle : le profit d'exploitation compense juste la désutilité de l'effort et le surplus de l'opérateur est nul. Dans le cas présent, la valeur de λ dépend de la contrainte de profit $\bar{\Pi}_1$.

$$\hat{\varepsilon}_j = \varepsilon_{jj} \cdot \frac{\varepsilon_{jj} \cdot \varepsilon_{ii} - \varepsilon_{ij} \cdot \varepsilon_{ji}}{\varepsilon_{jj} \cdot \varepsilon_{ii} - \frac{p_i^* \cdot (\tilde{q}_i^M - \tilde{q}_i^m)}{p_i^* \cdot (\tilde{q}_j^M - \tilde{q}_j^m)} \cdot \varepsilon_{jj} \cdot \varepsilon_{ji}};$$

$$\varepsilon_{jj} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{p_i^* \cdot \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial p_i} dF(\theta)}{\int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \tilde{q}_i dF(\theta)}; \quad \varepsilon_{ij} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{p_j^* \cdot \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial p_j} dF(\theta)}{\int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \tilde{q}_i dF(\theta)};$$

$$(2-5) \quad A^* = a + \frac{\lambda(\bar{\pi}_1)}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \left(\frac{\partial \theta^m}{\partial A} \right)^{-1} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)}$$

$$- \underbrace{\frac{1}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial N} dF(\theta)}_{\text{effet "réseau"}} - \underbrace{\sum_{i=1,2} (p_i^* - \beta_i) \left[\tilde{q}_i^m + \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial N} dF(\theta) \right]}_{\text{recette liée à l'abonné marginal}}$$

L'abonnement optimal est égal au coût moyen par abonné $a = \alpha - e$, modulé par trois termes (cf. Annexe 1 pour le calcul des dérivées de fonctions implicites) :

$$(2-5 \text{ a}) \quad \frac{\lambda(\bar{\pi}_1)}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \left(\frac{\partial \theta^m}{\partial A} \right)^{-1} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)} = \frac{\lambda(\bar{\pi}_1)}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \underbrace{\frac{\partial \theta^m}{\partial \theta} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)}}_{\text{effet de discrimination}} - \underbrace{\frac{\partial \mathcal{G}^m}{\partial N} \cdot (1 - F(\theta^m))}_{\text{effet de l'externalité}}$$

$$(2-5 \text{ b}) \quad - \underbrace{\frac{1}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial N} dF(\theta)}_{\text{effet "réseau"}}$$

$$(2-5 \text{ c}) \quad - \underbrace{\sum_{i=1,2} (p_i^* - \beta_i) \left[\tilde{q}_i^m + \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial N} dF(\theta) \right]}_{\text{recette liée à l'abonné marginal}}$$

Le premier terme (2-5 a), capture l'effet sur l'abonné marginal (et donc sur la taille du réseau) de la variation de l'abonnement ⁽²³⁶⁾. Le second terme (2-5 b) représente la prise en compte du surplus marginal du consommateur associé à l'arrivée de l'abonné marginal : c'est la dimension « sociale » de l'effet réseau. Le troisième terme, (2-5 c), représente la recette supplémentaire nette (du coût d'usage) que va réaliser l'opérateur de réseau lorsque le consommateur d'indice $\theta^m (A^*, p_1^*, p_2^*)$ s'abonne au réseau. Ce dernier terme se décompose

⁽²³⁶⁾ $f(\theta^m) / (1 - F(\theta^m))$ peut être interprété comme la probabilité que l'abonné d'indice θ^m s'abonne au réseau, sachant qu'il y a déjà $1 - F(\theta^m)$ abonnés sur le réseau.

également en deux éléments : la recette directement imputable à l'abonné d'indice θ^m : $\sum_{i=1,2} (p_i^* - \beta_i) \tilde{q}_i^m$, et la recette indirecte induite pour l'ensemble des abonnés, par l'entrée d'un

nouveau membre dans le "club" : $\sum_{i=1,2} (p_i^* - \beta_i) \cdot \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial N} dF(\theta)$.

On peut interpréter (2-5 a) à partir de l'élasticité de la taille du réseau au tarif d'abonnement. En effet, si l'on désigne par $-\eta$ cette élasticité, et si l'on fait abstraction de l'effet réseau sur les consommateurs (2-5 b) et de l'usage (2-5 c), on voit immédiatement que l'abonnement s'écarte de son coût en raison inverse de l'élasticité-prix de la demande, puisque l'on a :

$$\left(\frac{\partial \theta^m}{\partial A} \right)^{-1} \cdot \frac{1 - F(\theta^m)}{f(\theta^m)} = -N \cdot \left(\frac{\partial N}{\partial A} \right)^{-1} \stackrel{def}{=} \frac{A}{\eta}$$

où η est (en valeur absolue) l'élasticité de la taille du réseau par rapport au prix de l'abonnement. On peut reformuler cette interprétation en considérant que le coût marginal "virtuel" lié à l'abonné d'indice $\theta^m (A^*, p_1^*, p_2^*)$ est égal au coût fixe constant par abonné, diminué de la recette marginale engendrée par l'entrée de cet abonné sur le réseau (Rma). On peut ainsi présenter l'indice de Lerner pour le taux d'écart entre le prix de l'abonnement et ce coût marginal "virtuel" égal à $(a - Rma)$. Dans le cas d'absence de contrainte de profit (cas du monopole "privé"), cet indice est égal à l'inverse de l'élasticité-prix. La prise en compte du surplus des consommateurs impose à l'opérateur de réseau local une baisse du prix unitaire de l'abonnement proportionnelle au surplus marginal du consommateur associé à l'accroissement de la taille du réseau ("effet réseau" dans (2-5 bis))

<p>(2-5 bis) $\frac{A^* - (a - Rma)}{A^*} = \frac{\lambda(\bar{\pi}_1)}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \cdot \frac{1}{\eta} - \underbrace{\frac{1}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{1}{A} \cdot \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial N} dF(\theta)}_{\text{effet "réseau"}}$</p> <p style="text-align: center;">avec : $Rma = \sum_{i=1,2} (p_i^* - \beta_i) \cdot \left[\tilde{q}_i^m + \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \tilde{q}_i}{\partial N} dF(\theta) \right]$</p>

Sous les hypothèses que nous avons faites, il apparaît, lorsque l'on décompose cette élasticité selon (2-5 a), que si le terme $1/\eta$ est faiblement positif, *l'effet d'externalité peut inciter le monopole à tarifier l'accès au-dessous de son coût*. En effet, le premier élément de cette décomposition, $((\partial \mathcal{G}^m / \partial \theta) \cdot (1 - F(\theta^m)) / f(\theta^m))$, est le seul à être positif. Il caractérise les

tarifs binômes en général : selon le principe de la discrimination du second degré, il correspond à la capture de la totalité du surplus de l'abonné marginal par l'opérateur. Le second élément, $-(1-F(\theta^m)) \cdot \partial \mathcal{G}^m / \partial N$ est négatif. Il représente le surplus marginal que l'opérateur doit abandonner aux $1-F(\theta^m)$ abonnés du réseau lorsque le consommateur d'indice $\theta^m(A^*, p_1^*, p_2^*)$ s'abonne au réseau, compte tenu de l'externalité de réseau. Pour que l'opérateur tarifie l'abonnement en dessous de son coût, il suffit donc que le terme (2-5 a) soit suffisamment petit au regard de (2-5 b) et (2-5 c).

Par rapport à la solution du monopole privé, le coût fictif de la contrainte de profit joue un rôle modérateur qui vient diminuer le prix et l'abonnement optimal. Mais *cette contrainte agit plus particulièrement sur la partie non sensible au tarif, puisqu'elle oblige l'opérateur à internaliser, par une baisse de l'abonnement, la variation marginale de surplus pour l'ensemble des abonnés du réseau.* A l'optimum de premier rang (en l'absence de contrainte de profit), le prix de l'usage devrait être égal au coût marginal ($p^0 = \beta$), et l'abonnement devrait être suffisamment inférieur à son coût pour internaliser la totalité de l'externalité :

$$A^o = a - \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial N} dF(\theta)$$

A l'optimum de second rang, la contrainte de profit est serrée : condition (2-6 bis).

$$(2-6) \quad (\Pi_1(e, A, p_1, p_2) - \bar{\Pi}_1) \cdot (1 + \lambda) = 0; \quad (1 + \lambda) \geq 0$$

$$(2-6 \text{ Bis}) \quad \left\{ \begin{array}{l} \overline{\Pi}_1 = \underbrace{(p_1^* - \beta_1) \cdot Q_1(A^*, p_1^*, p_2^*)}_{\text{recettes d'usage}} + \underbrace{c \cdot Q_2(A^*, p_1^*, p_2^*)}_{\text{charge d'accès}} + \underbrace{(A^* - a) \cdot [1 - F(\theta^m)]}_{\text{reccette abonnés; } a = \alpha - e} \\ \text{avec: } (1 + \lambda(\bar{\pi}_1)) > 0; \quad \bar{\Pi}_1 \geq \psi(e); \end{array} \right.$$

La **charge d'accès** est alors donnée par : (2-7)
$$c = \frac{\lambda(\bar{\pi}_1)}{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)} \cdot \frac{p_2^*}{\hat{\epsilon}_2} \left(1 - \frac{\tilde{q}_2^m}{\tilde{q}_2^M} \right);$$

et donc, comme $p_2 = c + \beta_2$, :(2-7 bis)
$$c = \beta \cdot \left(\frac{1 + \lambda(\bar{\pi}_1)}{\lambda(\bar{\pi}_1)} \cdot \hat{\epsilon}_2 \left(1 - \frac{\tilde{q}_2^m}{\tilde{q}_2^M} \right)^{-1} - 1 \right)^{-1}$$

Le modèle présenté ici propose une règle de type Ramsay-Boiteux-Laffont-Tirole qui prend en compte non seulement la contrainte de profit de l'opérateur en place (à travers son coût social fictif), mais également les caractéristiques de la demande de la frange concurrentielle

(effets de substitutions, élasticités croisées). Finalement, le principe proposé peut être également rapproché, dans ces effets, de la règle ECPR, puisque la charge d'accès est directement proportionnelle au coût de la frange concurrentielle, ce qui a pour effet de pénaliser l'inefficacité éventuelle du concurrent, conditionnellement à l'effet des caractéristiques de son produit sur la demande.

Comme on a supposé que le transfert de fonds publics était coûteux, en information parfaite, le planificateur fixe le niveau d'effort de telle manière que la contrainte de rationalité individuelle soit serrée, $U(e, A, p_1, p_2) = 0$. Le niveau de la contrainte de profit devra être égal à la désutilité de l'effort optimal (2-8). La taille du réseau est alors déterminée conjointement avec la désutilité marginale de l'effort (2-9) et le menu tarifaire (2-4) à (2-7).

$$(2-8) \quad \bar{\Pi}_1 = \psi(e^*); \quad (2-9) \quad \psi'(e^*) = 1 - F\left(\theta^m(A^*, p_1^*, p_2^*)\right);$$

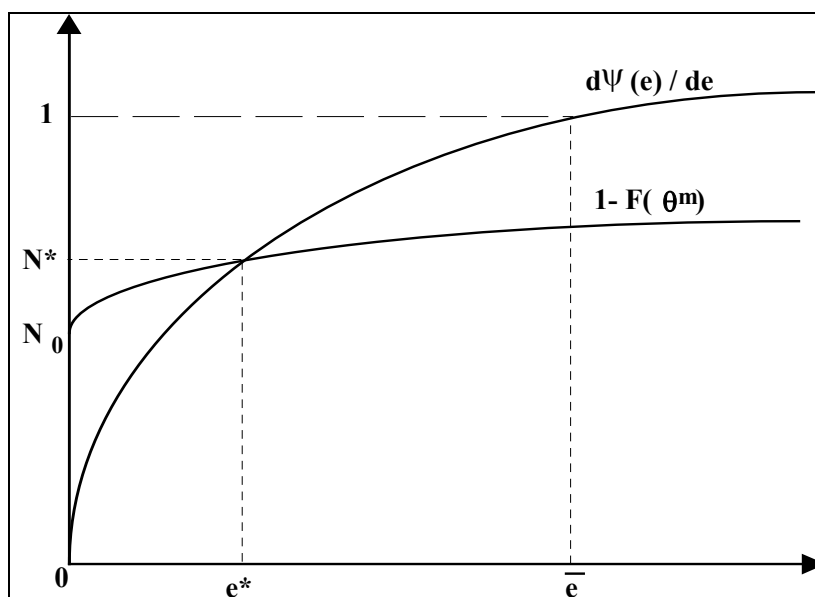
$$(2-9 \text{ bis}) \quad e^* = \psi'^{-1}\left(1 - F\left(\theta^m(A^*, p_1^*, p_2^*)\right)\right)$$

Comme l'effort vient diminuer le coût de la ligne d'abonné, le niveau d'abonnement d'équilibre A^* décroît avec le niveau d'effort, entraînant l'entrée de nouveaux abonnés sur le réseau, par décroissance de l'indice marginal θ^m . Au voisinage de l'équilibre haut, cette relation est univoque et la taille de réseau croît de manière monotone avec l'effort. Les hypothèses faites sur la fonction d'effort, dont la dérivée est croissante et continue sur $[0, \bar{e}]$, à valeur dans $(0,1)$ nous assurent qu'il existe bien un niveau d'effort optimal e^* qui permet d'accroître la taille du réseau au-delà de son niveau de base, N_0 , qui correspond à un effort nul, et donc à : $a = \alpha$.

** Sélection adverse, risque moral, et observabilité ex-post des coûts.*

On suppose maintenant que le planificateur n'observe pas l'effort déployé par l'opérateur de réseau pour baisser, par une meilleure organisation, le coût de la ligne d'abonné (risque moral). Le coût de base de la ligne d'abonné, α , est également une information privée de l'opérateur de réseau (sélection adverse). On supposera que le coût le plus élevé, $\bar{\alpha}$ est connaissance commune. On pourra l'interpréter comme le coût de la technologie la moins efficace ($\bar{\alpha}_T$) augmenté du coût *conventionnel* d'organisation (α_C). le paramètre e désigne alors l'impact de l'effort déployé par l'opérateur, à technologie donnée, pour améliorer la productivité de l'organisation.

Graphique 3-2



On suppose que le planificateur connaît la forme de la fonction d'effort, et qu'il peut également observer le coût *ex-post*. Si l'opérateur lui annonce un *coût de base* α , le planificateur pourra observer ultérieurement le coût total par ligne correspondant: $a(\alpha)$ il peut donc en déduire l'effort optimal, conditionnellement à l'information dont il dispose : $e(\alpha) = a - a(\alpha)$. Comme le coût est observable *ex-post*, les possibilités dont dispose l'opérateur pour dissimuler un faible niveau d'effort derrière une fausse annonce de α sont relativement limitées. Lorsque le coût annoncé est α , l'opérateur dont le vrai paramètre de productivité serait $\hat{\alpha}$ devrait fournir, pour ne pas être découvert, un niveau d'effort $e(\hat{\alpha}/\alpha)$ compatible avec les déductions du planificateur. Ce dernier s'attend en effet à observer *ex-post* un coût égal à :

$a(\alpha) = \alpha - e(\alpha)$. On doit donc avoir : $\hat{\alpha} - e(\hat{\alpha}/\alpha) = \alpha - e(\alpha)$ et donc :

$$(3-1) \quad e(\hat{\alpha}/\alpha) = e(\alpha) - (\alpha - \hat{\alpha})$$

Les connaissances (objectives ou subjectives) du planificateur sur la distribution du coût peuvent être figurées par une distribution de probabilité sur α . On supposera que la vraie valeur du coût de base, $\hat{\alpha}$ appartient toujours à l'intervalle $[\underline{\alpha}, \bar{\alpha}]$. On a $G(\bar{\alpha}) = 1$ et $G(\underline{\alpha}) = 0$. On suppose encore que $G(\alpha)/g(\alpha)$ est non décroissante. Laffont-Tirole (1993, p. 66-67) suggèrent une interprétation possible de la distribution des coûts de base. Transposé dans le

cadre de notre interprétation précédente, $\bar{\alpha} - \alpha = \bar{\alpha}_T - \alpha_T$ désignerait le nombre d'innovations incrémentales améliorant l'organisation de base. $G(\alpha)$ mesurerait alors la probabilité qu'il y ait eu au moins $\bar{\alpha} - \alpha$ innovations, $g(\alpha)d\alpha$ la probabilité qu'il y ait entre $\bar{\alpha} - \alpha$ et $\bar{\alpha} - \alpha + d\alpha$ innovations. $g(\alpha)/G(\alpha)$ désignerait alors la probabilité conditionnelle qu'il n'y ait plus d'innovation sachant qu'il y en a déjà eu $\bar{\alpha} - \alpha$. L'hypothèse de non décroissance peut ainsi être interprétée comme une hypothèse de rendements non-croissants de l'innovation : plus la firme a innové, moins grande est la probabilité qu'une autre innovation incrémentale intervienne.

La condition (2-6) permet d'écrire le surplus du consommateur sous forme d'une fonction du coût annoncé et de la contrainte de profit²³⁷.

$$(3-2) \quad W(e, \bar{\Pi}_1) \stackrel{\text{def}}{=} \text{Max}_{A, p_1, p_2} \{S(A, p_1, p_2) / \Pi_1(e, A, p_1, p_2) = \bar{\Pi}_1; e(\alpha) = \alpha - a\}.$$

* *Le mécanisme révélateur.*

Lorsque l'opérateur annonce le coût α , le planificateur, qui connaît la fonction d'effort $\psi(\alpha - a)$ s'attend à observer *ex-post* un coût par ligne $a(\alpha) = \alpha - e(\alpha)$. Il impose un niveau de profit $\bar{\Pi}_1(\alpha)$ selon (2-6). En l'absence de possibilité de transfert financier entre l'opérateur et le planificateur, ce dernier doit également fixer $A(\alpha), p_1(\alpha), p_2(\alpha)$ selon (2-4) et (2-5). Alors $\theta^m(A(\alpha), p_1(\alpha), p_2(\alpha))$ et $\tilde{q}_i(\theta, 1 - F(\theta^m), p_1(\alpha), p_2(\alpha))$ sont également (indirectement) déterminés. L'ajustement sera réalisé par la flexibilité de l'effort, relativement au coût réel, selon (3-1).

Un mécanisme révélateur est incitatif si l'annonce optimale de l'opérateur est telle que l'utilité qu'il retire quand il donne le vrai coût est supérieure à l'utilité qu'il retire quand il donne une autre valeur : $\hat{U}(\hat{\alpha}, \hat{\alpha}) \geq \hat{U}(\alpha, \hat{\alpha})$. En définissant $\hat{U}(\alpha, \hat{\alpha})$ selon (3-5), :

$$(3-5) \quad \hat{U}(\alpha, \hat{\alpha}) = \hat{\Pi}_1(\alpha) - \psi(e(\alpha) - (\alpha - \hat{\alpha}))$$

$$\text{où : } \hat{\Pi}_1(\alpha) = \int_{\theta^m}^{\bar{\theta}} \left[\sum_{i=1,2} (p_i(\alpha) - \beta_i) \cdot \tilde{q}_i - (A(\alpha) - a(\alpha)) \right] dF(\theta)$$

²³⁷ les propriétés de cette fonction sont discutées dans Phan (1995) Annexe 3

avec : $\theta^m(A(\alpha), p_1(\alpha), p_2(\alpha))$ et $\tilde{q}_i(\theta, 1 - F(\theta^m), p_1(\alpha), p_2(\alpha))$

La contrainte incitative peut alors s'écrire :

$$(3-6) \quad \widehat{\Pi}_1(\hat{\alpha}) - \psi(e(\hat{\alpha})) \geq \widehat{\Pi}_1(\alpha) - \psi(e(\alpha)) - (\alpha - \hat{\alpha})$$

La maximisation de (3-5) sous contrainte (3-6) permet de donner une écriture différentielle de la contrainte incitative :

$$(3-7) \quad \frac{\partial \widehat{U}}{\partial \alpha} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{d\widehat{\Pi}}{d\alpha} \stackrel{\text{def}}{=} \dot{\Pi} = \frac{d\psi}{de} \cdot \left(\frac{de}{d\alpha} - 1 \right)$$

et la condition de 2^o ordre : (3-8) $\frac{de}{d\alpha} \leq 1$

Cette condition doit être valable pour tout $\alpha \in [\underline{\alpha}, \bar{\alpha}]$. Comme $a(\alpha)$ est une fonction croissante de α , sa validité est ici globale. (Laffont Tirole (1986) p 111; (1993) p 63).

Selon la condition de rationalité individuelle, le surplus de l'opérateur doit être positif ou nul pour tous les niveaux de coûts :

$$(3-9) \quad U(\alpha) \geq 0 \quad \Rightarrow \quad \Pi_1(\alpha) \geq \psi(e(\alpha))$$

Comme, sous les conditions (3-7) et (3-8), $\Pi_1(\alpha)$ est décroissant avec α , cette condition peut être remplacée par la condition de nullité du surplus lorsque le coût est le plus élevé possible :

$$(3-10) \quad U(\bar{\alpha}) = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \Pi_1(\bar{\alpha}) = \psi(e(\bar{\alpha})) \quad \Rightarrow \quad U(\alpha) \geq 0$$

Comme $\bar{\alpha}$ est connaissance commune, la condition (3-10) ne fait que traduire l'absence de rente informationnelle en information complète. Les trois conditions précédentes suggèrent que, comme le profit est une fonction décroissante du coût, en l'absence de mécanisme révélateur, l'opérateur pourrait s'approprier une rente informationnelle d'autant plus grande que son coût de base, α , est faible. C'est en particulier ce qui se passerait si le planificateur mettait en œuvre une procédure de contrôle des prix (prix plafonds) correspondant à un menu (A, p_1, p_2) calculé d'après (2-4) à (2-6) sur la base du coût maximal $\bar{\alpha}$. Si le planificateur désire réduire cette rente informationnelle, il doit mettre en œuvre un mécanisme incitatif fondé sur les conditions (3-7) à (3-10). Comme il ne possède qu'une information limitée sur la vraie valeur de α , il maximise alors l'espérance de surplus collectif, entre $\underline{\alpha}$ et $\bar{\alpha}$, sous ces

contraintes incitatives. Ce problème peut être traité comme un programme de contrôle optimal, où $\Pi_1(\alpha)$ et $e(\alpha)$ seront les variables d'état, et $\omega(\alpha) = \frac{de}{d\alpha}$ la commande.

(on pose: $\frac{de}{d\alpha} \stackrel{\text{def}}{=} e$).

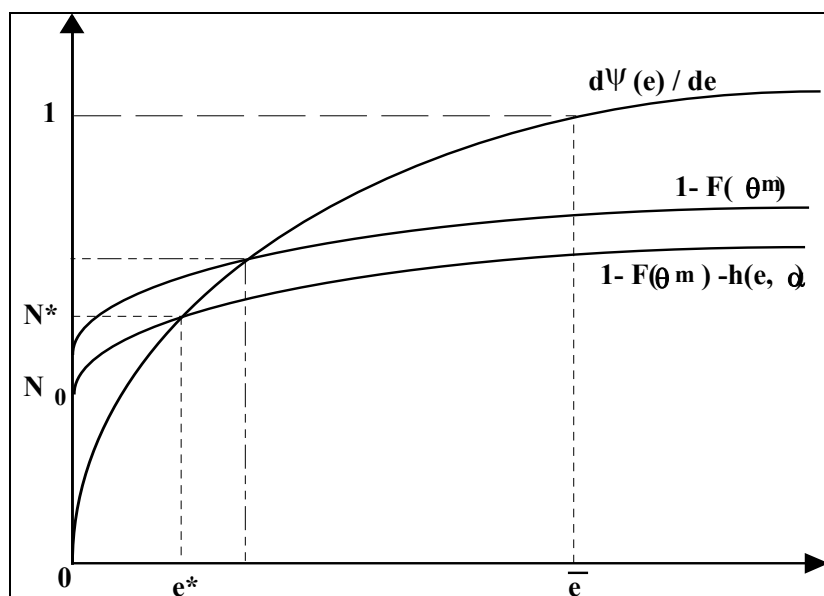
$$(3-11) \quad \text{Max}_{\omega} \int_{\alpha}^{\bar{\alpha}} (W(e(\alpha), \hat{\Pi}_1(\alpha)) + \overbrace{\Pi_1(\alpha) + \psi(e(\alpha))}^{\hat{U}(\alpha)}) g(\alpha) d\alpha$$

$$\overset{\circ}{\Pi}_1 = \frac{d\psi}{de} (\omega(\alpha) - 1); \quad \overset{\circ}{e} = \omega(\alpha);$$

$$\omega(\alpha) \leq 1; \quad \Pi_1(\bar{\alpha}) = \psi(e(\bar{\alpha}));$$

La résolution de ce programme (Phan, 1995, Annexe 3) donne une relation entre la taille optimale du réseau et le niveau d'effort en information asymétrique. Compte tenu des asymétries d'observation, cette taille est inférieure à son niveau en information complète. Il en est de même pour le niveau d'effort optimal.

Graphique 3-3



L'expression (3-13) peut être réécrite de manière à faire apparaître l'égalité marginale entre le gain social et le coût social de la rente informationnelle, pour un coût compris dans $(\alpha, \alpha + d\alpha]$, (dont la probabilité d'occurrence est $g(\alpha) \cdot d\alpha$) auquel correspondrait une variation de l'effort δe . (Laffont-Tirole, p.65). Alors que le gain social, représenté par le membre de gauche de (3-14) ne concerne que l'intervalle $(\alpha, \alpha + d\alpha]$, l'effort augmente en plus la rente informationnelle correspondant à l'intervalle

$$\begin{aligned}
 (3-14) \quad & \underbrace{\left[1 - F\left(\theta^m \left\{ A^*(\alpha), p_1^*(\alpha), p_1^*(\alpha) \right\} - \psi'(e(\alpha))\right)}_{\text{efficience productive}} \right]}_{\text{gains social}} \delta e \cdot (1 + \lambda(\alpha)) \cdot g(\alpha) \cdot d\alpha \\
 & = \underbrace{\int_{\alpha}^{\alpha} \lambda(a) \cdot g(a) \cdot da}_{\text{coûts social de la rente}} \cdot \underbrace{\psi''(e(\alpha)) \cdot \delta e \cdot d\alpha}_{\text{variation de la rente}}
 \end{aligned}$$

Les *formules* de prix, et donc également la formule de la charge d'accès restent inchangés, mais leur *niveau* est affecté par les effets des asymétries d'information. En particulier le niveau de la charge d'accès dépend maintenant directement du niveau du coût initial de la ligne d'abonné, α .

$$(3-15) \quad c = \frac{\lambda(\alpha)}{1 + \lambda(\alpha)} \cdot \frac{p_2^*}{\hat{\varepsilon}_2} \left(1 - \frac{\tilde{q}_2^m}{\tilde{q}_2^M} \right);$$

*

Le modèle présenté ici ne prétend pas apporter une réponse à tous les problèmes de réglementation, comme le souligne Laffont (1991), mais il fournit un cadre commode pour l'analyse des relations entre les externalités de réseau et la charge d'accès, lors de l'introduction de la concurrence dans un marché contrôlé. En particulier, son principal mérite est de *souligner*, dans un cadre analytique assez large, *la légitimité du principe de contribution au déficit d'accès*. Son domaine de validité reste cependant borné par deux considérations, l'une de nature pratique, l'autre de nature théorique. Au niveau pratique, la mise en œuvre effective d'une telle règle suppose une information considérable sur les coûts et la demande, comme nous l'avons souligné plus haut²³⁸. Au niveau théorique, le cadre institutionnel retenu est extrêmement spécifique. En particulier, les pouvoirs publics (le planificateur) sont extrêmement interventionnistes et les comportements stratégiques des concurrents sont éludés par l'approche en « *frange concurrentielle* » reprise de Laffont-Tirole. Une approche complémentaire et une extension possible du modèle devrait donc intégrer plus largement de tels comportements.

*

²³⁸ On trouve également cette objection dans le rapport du WIK sur l'interconnexion, publié par la Commission des Communautés Européennes (CCE DGXIII, 1994).

Les modèles qui viennent d'être passés en revue sont des modèles d'équilibre conformes à la méthodologie de la *théorie standard élargie*, que ce soit dans le domaine de la nouvelle économie publique (théorie des incitations, Laffont, 1992, 2000, Phan, Rochaix 2000) ou de la nouvelle économie industrielle (Jaquemin, 1985, Tirole, 1988). Malgré l'apparente universalité de la méthode retenue, la *portée explicative de ces modèles* peut cependant être datée au sens où la combinaison des nombreuses hypothèses et contraintes institutionnelles et comportementales considérées correspondent à une *configuration « technico-économique » particulière*, identifiable d'un point de vue *historique*.

Le modèle de développement du Minitel n'est pas transposable à l'Internet ; le rôle de l'externalité de club dans la demande téléphonique tend à être minimisé par certains pour les pays développés, où le téléphone serait considéré comme un bien banalisé, au même titre que la baguette de pain. L'effet externe serait donc du second ordre dans la disposition à payer. Quoi qu'il en soit, la portée de ces modèles reste non négligeable dans la mesure où ils permettent de rendre compte d'une partie des phénomènes observés et fournissent des enseignements utiles pour le praticien.

Ainsi, dans le débat sur le « dégroupage » de la boucle locale, selon Phan (1995), France Telecom serait fondé à demander à ses concurrents une contribution au déficit d'accès lié à la subvention de l'accès par l'usage, même si l'on admet que l'ensemble des coûts fixes considérés sont amortis. D'un point de vue positif, la forme spécifique de la consommation moyenne sur le Kiosque peut être très largement expliquée par des différences dans la disposition à payer des clients. La « bosse » initiale correspond à une classe de clients à forte disposition à payer, donc à grosse consommation moyenne, classe qui sera absorbée dans la masse au fur et à mesure que le Minitel gratuit devient accessible dans tous les départements de France. La baisse tendancielle de la consommation moyenne correspond à l'entrée progressive des clients à faible disposition à payer, au fur et à mesure de la croissance de l'offre de services. Bien entendu, ces explications restent partielles, dans la mesure où deux dimensions ne sont pas prises en compte. Il s'agit d'abord de la *dimension cognitive*, liée aux *apprentissages individuels*. Il y a aussi la *dimension collective*, liée aux *interactions inter-individuelles et aux phénomènes d'influence sociale*.

La forme de la courbe de consommation moyenne pourrait aussi s'expliquer par un « *effet découverte* », accentué par la mode des messageries venue de l'Est de la France et non anticipée à la suite des tests effectués en vraie grandeur dans quelques villes de l'ouest (Ancelin, Marchand 1984), plus tard compensé par un effet de rationalisation de la

consommation, consécutif à un « *effet facture* ». A l'époque de la rédaction de cette étude, il nous a manqué l'accès aux données individuelles du Panel de France Telecom pour vérifier empiriquement ces hypothèses. De nouveaux outils pour intégrer la *dimension individuelle des apprentissages* sont aussi nécessaires. Ils doivent être complétés par des outils formels aptes à capturer les effets collectifs de communication interpersonnels et d'influence sociale, que nous désignerons plus loin sous le terme générique *d'apprentissages collectifs*. En plus de l'identification des caractéristiques technico-économiques et institutionnelles la conceptualisation des marchés doit donc intégrer d'autres phénomènes, par nature dynamiques, qui le feront apparaître comme un système social cognitif et complexe.

3.3. Voir le marché comme un système social interactif et cognitif et complexe.

3.3.1. Vers une vision plus riche du marché : la prise en compte de la combinatoire des composants échangés, des phénomènes évolutifs liés à l'information, des réseaux sociaux et des microstructures

A - Les marchés informatiques considérés selon une perspective combinatoire (Delapierre, Zimmerman, Gerard Varret, 1980 ; Zimmerman, 1995a)

Selon une perspective combinatoire du couple métiers/marchés principalement développée par Zimmerman (1995a), les offreurs savent produire des « *fonctionnalités* », alors que les acheteurs cherchent des « *caractéristiques d'usage* ». Le métier des vendeurs-intégrateurs consiste alors à *définir un marché* par l'établissement d'une correspondance spécifique entre l'espace des fonctionnalités et celui des caractéristiques, lequel est relié à l'espace des produits.

L'approche de la demande fondée sur les caractéristiques d'usage, due à Lancaster (1966, 1971) est un raffinement qui permet d'endogénéiser le périmètre des marchés et la différenciation des produits à partir des préférences des consommateurs. Au lieu que celles-ci portent sur l'espace (prédéfini) des biens, les préférences portent sur l'espace des caractéristiques ou un bien est figuré par un point de cet espace. Selon des développements ultérieurs de cette approche, les producteurs définissent également les produits dans un espace des possibilités de différenciation, réduit à une courbe de l'espace des caractéristiques dans le modèle de concurrence monopolistique parfaite proposé par Lancaster (1975,1979). Cette approche a depuis été reprise dans une perspective évolutionniste par d'autres auteurs comme

Saviotti, Metcalfe (1984) ; Saviotti (1996) ; Frenken, Saviotti, Trometter (1998) ; Valente (2000) dans l'optique de l'analyse de la création de variété, ou encore Gallouj, Weinstein (1997) qui proposent une analyse de l'innovation dans les services fondée sur cette approche.

Zimmerman (1995a) propose une généralisation de cette approche en définissant trois espaces, auxquels peuvent être associées des mesures spécifiques de performances. Dans le cas particulier de l'informatique, on a donc :

- l'espace des technologies élémentaires, qui peuvent être combinées ou utilisées isolément, représente les compétences et le savoir faire des industriels pour la production des composants élémentaires (processeurs, mémoires, cartes, écrans disques durs etc.) ; on peut associer à chaque technologie élémentaire une mesure de performance spécifique.
- l'espace des caractéristiques d'usage représente les besoins potentiels des utilisateurs indépendamment (préalablement à la connaissance) des fonctionnalités, technologies ou produits susceptibles de les satisfaire ; cet espace est supposé mesurable (par un indice de satisfaction), mais la comparaison interpersonnelle de cette mesure n'est pas nécessairement significative.
- l'espace des produits auquel on peut associer les performances intrinsèques des produits, mesurables indépendamment de l'utilisation qui peut en être faite, par des règles d'agrégation des performances spécifiques.

Zimmerman définit alors deux correspondances entre l'espace des technologies élémentaires et l'espace des produits , d'une part, et entre ce dernier et l'espace des caractéristiques d'usage, d'autre part. La première correspondance « *correspondance de production de performance des produits* » définit le métier et les compétences du vendeur par sa capacité à produire les performances intrinsèques d'un produit par assemblage des technologies élémentaires. Il s'agit donc d'une compétence *architecturale* et d'*intégration* (ingénierie). *La seconde correspondance relie les performances intrinsèques et les caractéristiques d'usage*. Il s'agit donc principalement d'une *compétence marketing* : proposer la solution la mieux adaptée à l'usage souhaité par les acheteurs. Selon cette approche, les marchés peuvent être identifiés de manière souple (et floue) comme des zones plus ou moins denses et/ou connexes de l'espace des produits.

Le modèle de Zimmerman (1995a) est particulièrement approprié pour les *biens modulaires* ou intégrant différentes dimensions (matérielle, services etc...). A notre connaissance, il n'a pas été exploité ou enrichi de manière formelle par des travaux ultérieurs. Nicolas Jullien,

(2001) l'a cependant utilisé de manière qualitative pour rendre compte du phénomène des logiciels libres. Dans le domaine des simulations multi-agents, Marco Valente a simulé sur sa plate-forme « *LSD* » la concurrence entre des entreprises qui combinent des fonctionnalités dans un monde de consommateurs dont les préférences sont exprimées en terme de caractéristiques. Dans le modèle de Valente (2000), comme l'espace des choix des uns et des autres est discret, l'approche analytique de Lancaster n'est plus pertinente. Par contre les propriétés générales économiques des simulations montrent la fécondité (encore largement potentielle) d'une telle approche à la fois d'un point de vue théorique et d'un point de vue appliqué (principalement en marketing dans une perspective « *circulaire* » avec bouclage sur la R&D à la Rosenberg 1982, 1994).

B - Les marchés comme système d'information et construction sociale intrinsèquement dynamique.

La première vision du marché comme système d'information « *autonome* » a été proposée par Hayek (1945), puis poursuivie par les théoriciens de l'école libérale autrichienne en particulier Kirshner (1979)²³⁹. Selon cette vision, *le marché est un processus* (Littlechild, 1986) centré sur la découverte d'informations. C'est également une institution sociale où les individus sont informés en particulier par les prix. Pour Hayek, en effet, le marché n'est pas principalement un lieu gouverné par la rareté des produits échangés, mais par l'information (inégalement) disponible sur ces produits. Les préférences ne sont pas les données du problèmes, mais elles se construisent dynamiquement à partir du renouvellement des informations disponibles, en particulier à travers les réseaux relationnels et sociaux auxquels se rattachent les individus. Selon cette perspective le marché est un lieu de création, d'appropriation et de diffusion d'information et de connaissances, c'est un « *processus de découverte mobilisant et exploitant les parcelles disponibles mais dispersées de l'information répandue dans la société* » (Kirzner, 1979). Pour Hayek, le marché apparaît alors comme une construction sociale, *une institution* qui a été sélectionnée par la société parce qu'elle est, selon lui le meilleur moyen de résoudre le problème de la réduction de la diversité de l'information, en laissant à chacun la liberté d'utiliser l'information disponible pour poursuivre ses propres buts.

L'approche hayekienne représente l'avantage de mettre l'information au centre des marchés, et de proposer une définition dynamique de ces derniers. Les offreurs, en particulier sont des

²³⁹ Pour une discussion de ces approches, cf. Longuet, 1998.

agents actifs d'un point de vue informationnel, comme dans le cas de l'innovateur selon Kirshner (1979).

3.3.2. Le marché vu comme un système social interactif et cognitif et complexe

A - Les marchés « encastrés » dans les relations sociales

Dans un article récent sous-titré « les relations entre histoire et théorie », Boyer (2001) propose un tableau comparatif de la représentation « économique » du marché et de la représentation « sociologique et historique » (Tableau 3-2)

Tableau 3-2 : Deux approches du marché selon Boyer (2001)

La conception économique des marchés	L'approche sociologique et historique des marchés
Un <i>mécanisme</i> qui livre à un prix unique pour le même bien à partir de la confrontation entre offreurs et demandeurs	Une institution qui reproduit la stratégie et le concept de contrôle des acteurs déjà présents
Un « <i>trou noir</i> », un ensemble vide	Le lieu d'interactions sociales, politiques et économiques
Comportement <i>paramétriques</i> d'individus <i>égaux</i> qui considèrent l'environnement économique comme donné	Interactions stratégiques entre acteurs sociaux hétérogènes qui cherchent à stabiliser ou transformer leur environnement
La compétition <i>pure et parfaite</i> est l'idéal dont il convient de se rapprocher	La compétition « imparfaite » est la règle
Un mécanisme <i>exclusivement économique</i> , auto-équilibrant et doté de la propriété de s'auto-instituer	Une construction institutionnelle qui émerge de l'équivalent de mouvements sociaux
Un mécanisme <i>universel</i>	Seules des conditions extrêmement précises en matière de droit, jurisprudence, comptabilité et régime monétaire... permettent l'émergence du marché
L'équivalent d'un <i>état de nature</i>	Une construction sociale très sophistiquée
Par nature <i>structurellement stable</i>	L'évolution type d'un marché : émergence, développement, obsolescence, crise et disparition.

Source : Boyer (2001)

Bien entendu, le propos de Boyer (2001), qui se situe dans un contexte de constat de l'échec de la vision libérale auto-régulatrice du marché dans le cas de la transition de la Russie, est volontairement polémique. Sa « conception économique du marché » ressemble plus à la vulgate qui sous-tend le discours de certains experts de la banque mondiale (mais qui a

effectivement servi de modèle dans le cas sous revue) où à la présentation pédagogique de l'équilibre général dans les manuels pour débutant que de l'état effectif de *la théorie standard élargie* au sens de Favereau. Nous avons vu que cette dernière proposait un discours sur la dispersion des prix, sur les interventions publiques de régulation des marchés, sur la concurrence imparfaite, les effets de trade-off entre la qualité et les prix etc... Il a par ailleurs été reconnu que la question de l'équilibre général était loin d'être réglée²⁴⁰ (Guerrien, 1989 ; Fisher 1990). Ceci étant dit, il est non moins vrai qu'une majorité d'économistes délivre un double discours, en pratiquant à la fois la théorie standard et la théorie standard élargie, ce qui a motivé initialement cette distinction de la part de Favereau. Le chemin reste long à parcourir pour que plus d'éléments décisifs de l'approche « sociologique » ou « historique » soit pris en compte dans nos modèles. Nous allons nous limiter dans ce qui suit à un bref tour d'horizon d'une approche qui se qualifie elle-même de « *sociologie économique* », dont Marc Granovetter est le représentant le plus éminent.

L'approche de la *sociologie économique* par Granovetter (1990) « *repose sur deux propositions sociologiques fondamentales : premièrement, une action est toujours socialement située et on ne peut l'expliquer en considérant uniquement les motifs individuels ; deuxièmement, les institutions sociales ne se développent pas nécessairement selon une forme déterminée, mais sont plutôt « socialement construites* » Granovetter (1990/2000) p. (95-96 / 203-204)

Pour l'anthropologue Polanyi (1944), dans les sociétés pré-capitalistes, les échanges économiques étaient « *encastrés* » dans les relations sociales. Selon lui le XIX^e siècle serait caractérisé par une « *Grande Transformation* » qui aurait vu les échanges économiques se « *désencastrer* » pour rentrer dans la sphère marchande. Dès cette période l'économie aurait même étendu sa domination progressivement sur tous les domaines de l'activité sociale. Ces affirmations très polémiques ont été critiquées, en particulier par les historiens. Granovetter a repris l'idée d'encastrement, mais en la nuancant. Dans Granovetter (1985), il

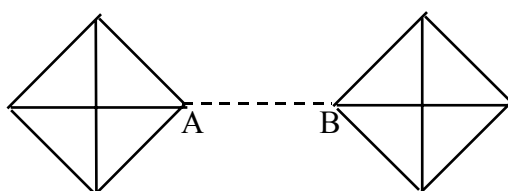
²⁴⁰ « *Ce que j'ai appelé la « question clé » de la stabilité peut s'interpréter comme celle de savoir si ces actions amènent bien le système à absorber un choc schumpétérien donné. (...) la tâche première d'une étude de stabilité est de répondre à cette question en supposant que de nouveaux chocs schumpétériens ne se produisent pas (...). Le problème est que cette hypothèse elle-même est loin d'être triviale (...) il serait exorbitant d'exclure les occasions favorables qui peuvent se présenter (cas où les utilités attendues des agents ne sont pas décroissantes hors équilibre) en cours d'ajustement à un choc donné. Il est clair que cette difficulté vient précisément de ce que nous ne disposons d'aucun modèle satisfaisant de l'interaction des agents dans leur réponse au déséquilibre* » (Fisher, 1990, p.51-52)

critique les thèses des épigones de Polanyi, les anthropologues « substantivistes » qui, selon lui surestiment *l'encastrement* de l'activité économique dans les sociétés pré-capitalistes et le sous-estiment dans les économies modernes.

L'analyse proposée par Granovetter repose sur les réseaux sociaux, comme on l'a vu au chapitre I. Elle privilégie ainsi la *relation* sur l'individu (mais aussi sur les normes sociales) Cependant, dans son introduction à l'édition française de ses travaux, Granovetter cherche à se démarquer d'un pur « *interactionisme méthodologique* » et souligne *que les réseaux sociaux restent dépendants de considérations culturelles et politiques.*

Granovetter (1973) insiste sur la « *force des liens faibles* » dans les processus de diffusion ou les contacts relationnels. pour lui, la *force d'un lien* est « une combinaison de la quantité de temps, de l'intensité émotionnelle, de l'intimité (la confiance mutuelle) et des services réciproques qui caractérisent ce lien ». Le mérite du lien faible est alors de fournir une connexion entre petits groupes, plus caractérisés par des liens forts. Le lien faible (A-B, sur la figure 3.1.) peut alors servir de « *pont local* » entre deux réseaux locaux, et permet d'augmenter la portée relationnelle de proche en proche. Ainsi par exemple, dans les expériences de « *petits mondes* » inspirées par Milgram (1967), Granovetter relève que lorsque l'on cherche à relier deux personnes de couleur différentes qui ne se connaissent à priori pas, le taux de réussite est de 50% si le premier pont interracial est un lien faible, contre seulement 26% s'il s'agit d'un lien fort.

Figure 3-1 le lien faible comme « pont local » entre deux réseaux



Granovetter conclut son article en soulignant que les liens faibles « *permettent aux individus de saisir certaines opportunités qui s'offrent à eux (..) au contraire les liens forts, qui engendrent la cohésion sociale, se traduisent par une fragmentation de l'ensemble social* » (2000, p.72). Cet article initial de Granovetter a donné lieu à de nombreux travaux, en particulier dans le domaine de la recherche d'emploi. On notera également que Fararo (1983) a étudié des propriétés génériques associées à la force des liens faibles dans le formalisme des *réseaux aléatoires biaisés*.

Dans son article de 1985, Granovetter avance un certain nombre de justifications comportementales en faveur de l'importance des réseaux sociaux, comme la confiance :

« la thèse de l'encastrement souligne quand à elle, le rôle des relations personnelles concrètes et des structures (ou « réseaux ») de ces relations dans le développement de la confiance et dans l'absence de méfaits. Le fait que les gens préfèrent en général échanger avec quelqu'un dont ils connaissent bien la réputation montre bien que rares sont les individus qui accepteraient de s'en remettre simplement au sens moral universel ou à des arrangements institutionnels pour éviter tout problème lors d'une transaction » (op.cit., 2000, p 88)

Grâce à la notion de réseaux sociaux, la sociologie économique propose un discours sur l'émergence des marchés comme sur les institutions. Elle procède principalement par monographie et par synthèse raisonnée de travaux existant. Sans surprise²⁴¹, Granovetter (1974) s'est intéressé au marché du travail. Il est amené à distinguer trois moyens utilisés par les demandeurs d'emploi : la démarche directe, les médiations formelles (annonces, ANPE..), et les contacts personnels. Dans l'échantillon étudié dans ce travail, 56% des personnes qui ont trouvé un emploi ont utilisé des contacts personnels. Selon une étude réalisée par Forsé (1997) 36% des emplois trouvés l'ont été par l'intermédiaire de réseaux sociaux, contre 20% par démarche directe auprès de l'entreprise. La sociologie économique amène aussi à mettre l'accent sur les microstructures et formes d'organisations spécifiques, ce qui nous amène à conclure à un pluralisme des modes d'organisation des marchés.

Si l'on quitte les travaux des sociologues pour revenir à nos propres investigations historiques, il apparaît que les salaires ouvriers chez Renault obéissaient à des règles locales aussi bien qu'à des considérations institutionnelles extérieures. L'épisode du Front populaire a mis l'accent sur le rôle central des institutions de conciliation et d'arbitrage dans la détermination du niveau de salaire réel. Les estimations économétriques ont montré de fortes résistances des salaires nominaux à la baisse, ce qui renvoie pour la période considérée (avant le front populaire) à des considérations de politique sociale et de rapports de force patronat-ouvrier (Depretto, Schweitzer, 1984).

²⁴¹ Les économistes du travail contestent de longue date l'idée d'un « marché unitaire » du travail. cf. par exemple Gambier, Vernières (1985).

Pour terminer ce tour d'horizon de la sociologie économique et de l'influence des réseaux sociaux, on signalera brièvement le modèle des « trous structuraux » de Burt (1992), qui peut être considéré comme à la fois une vision alternative et complémentaire de celle des liens faibles de Granovetter. Burt a étudié en particulier les carrières des cadres d'une grande firme et il a mis en évidence une structure résiliaire particulière, le « *trou structural* », qui a particulièrement profité à ceux qui se trouvaient dans cette configuration. L'existence de trous structuraux suppose que les réseaux ne sont pas fortement connectés. Burt définit *un trou structural* comme une connexion avec des acteurs non redondant ; il s'agit donc de connexion qui assurent une relation extérieure à un groupe fortement connecté. D'un point de vue topologique, les trous structuraux correspondent à des liens faibles, mais tous les liens faibles ne sont pas des trous structuraux. Enfin un lien fort peut être compatible avec un trou structural s'il assure une connexion privilégiée avec un groupe extérieur. Pour Burt, la fécondité des trous structuraux provient d'abord des facilités informationnelles qu'il permet. Dans un groupe avec forte redondance, il y a peu d'information nouvelle. Par contre une connexion privilégiée à de nombreuses sources d'information correspondant à autant de sous-groupes fortement connectés donne un avantage informationnel considérable.

Une difficulté liée à la prise en compte de l'approche des sociologues a été soulignée par Frydman (1992). A l'opposé des méthodes qui cherchent à instrumentaliser normes et institutions en les montrant comme le résultat de calculs rationnels (cf. par exemple Schotter, 1981) la démarche (qualifiée de *métonymique*) qui consiste à articuler des éléments non économiques dans les formalisations du marché réduirait considérablement le champ de la rationalité individuelle classique. Cette remarque peut cependant être nuancée si l'on prend en compte la question des apprentissages individuels qui a pour l'instant été relativement négligée par la théorie économique.

B - Les marchés considérés comme des « organisations » : système social interactif et cognitif complexe.

Si l'on admet que le marché est un système d'information et une construction sociale qui permet la coordination d'acteurs interdépendants, il faut également admettre que les acteurs du marché vont *apprendre* de manière individuelle à se coordonner. De manière complémentaire, *le processus de coordination lui-même peut être considéré comme une forme d'apprentissage de l'entité collective que constitue ce marché*. Au total, le marché apparaît maintenant comme un *dispositif cognitif collectif* (Dupuy, Livet, 1992) qui conduit à un type de coordination qui

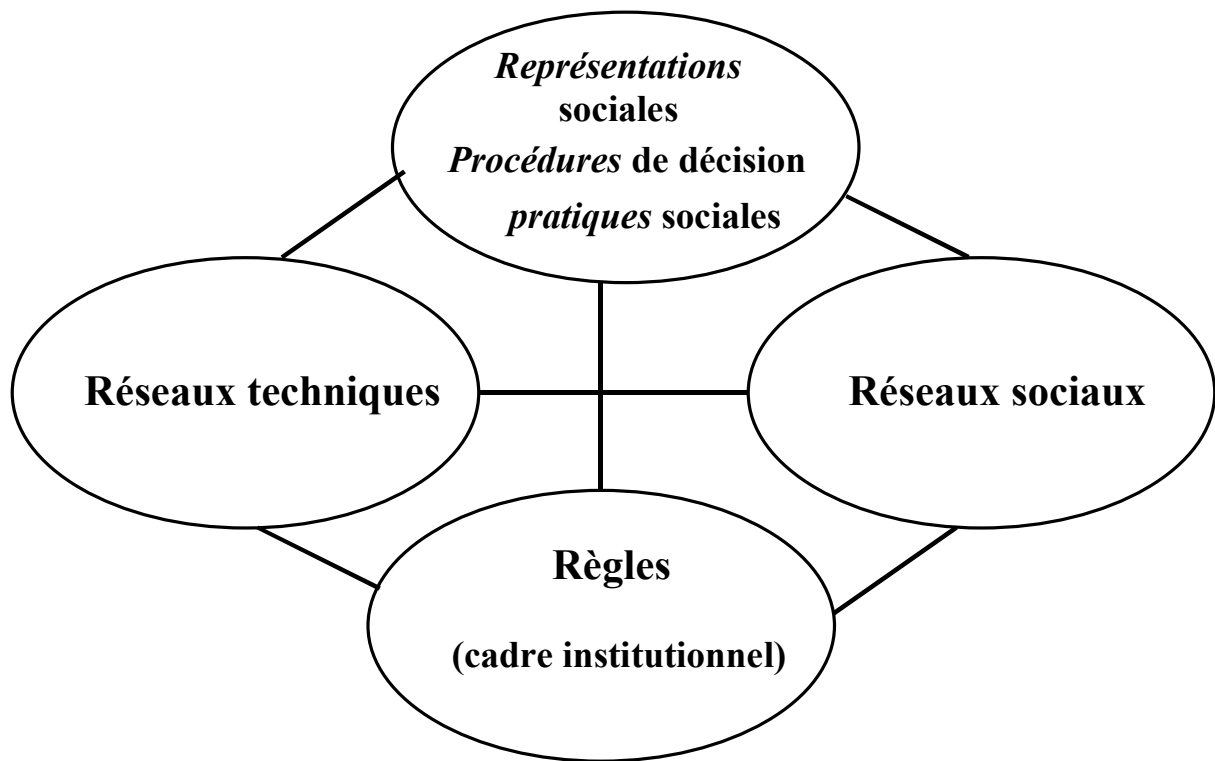
fonde son utilité sociale. Mais le fonctionnement de ce dispositif dépend des modes d'interactions et de communications entre les acteurs du marché. Plus précisément, comme le suggère Kirman (1998) le marché est un *système interactif complexe*. Le fonctionnement du marché doit ainsi être envisagé comme un *processus* auquel sont associés des *échanges d'information* et des *apprentissages individuels et collectifs, structurés par des relations interindividuelles entre agents hétérogènes insérés dans des réseaux sociaux*.

Une méthode pour enrichir le contenu informationnel des marchés est exposée dans Kirman (1997). Celui-ci commence par définir les deux formes extrêmes du marché que nous avons identifiées comme relevant de la *théorie standard* et de la *théorie standard élargie*. Dans le marché walrassien, les agents interagissent uniquement à travers les prix. Dans les modèles TSE de théorie des jeux les agents, en nombre limités, interagissent directement. Kirman propose d'explorer la classe des modèles intermédiaires où les agents qui échangent sur le marché sont liés par des réseaux sociaux qu'il est nécessaire de spécifier. Il considère des structures de communications déterministes et stochastiques, puis il considère le cas où ces structures peuvent évoluer de manière endogène.

Pour résumer les différents points qui nous sont apparus comme importants pour le fonctionnement des marchés dans ce chapitre, nous avons figuré le marché comme la résultante de quatre pôles. Le premier pôle concerne les acteurs du marché. Dans une perspective cognitive, ces derniers possèdent des représentations du monde qui les entoure, en particulier des pôles dans lesquelles nous avons décomposé le marché considéré. Leurs pratiques sociales peuvent résulter soit d'habitudes (routines) soit de procédures explicites de décision, basées sur l'information et les représentations disponibles. Au vu des résultats de l'action, ou s'ils reçoivent une information nouvelle de leur environnement ils peuvent réviser leur représentation, soit en mettant à jour certaines valeurs (*updating*), soit en reconsidérant l'organisation de leurs représentations (*revising*)²⁴². Les autres éléments, contextuels du marché sont supposés évoluer plus lentement, en particulier les règles de fonctionnement et l'architecture technologique. La position des réseaux sociaux est intermédiaire, car on peut supposer que ces réseaux évoluent dans le temps, en liaison avec les interactions dont ils sont le support. Ces points sont abordés dans le chapitre suivant, où l'on complète cette figure.

²⁴² terminologie empruntée à Walliser (2000).

Figure 3-2 : le marché comme système social interactif et cognitif complexe





« Une cause très petite, qui nous échappe, détermine un effet considérable que nous ne pouvons pas ne pas voir, et alors nous disons que cet effet est dû au hasard. Si nous connaissions exactement les lois de la Nature et la situation de l'univers à l'instant initial, nous pourrions prédire exactement la situation de ce même univers à un instant ultérieur. Mais lors même que les lois naturelles n'auraient plus de secret pour nous, nous ne pourrions connaître la situation initiale qu'approximativement. Si cela nous permet de prévoir la situation ultérieure avec la même approximation, c'est tout ce qu'il nous faut, nous disons que le phénomène a été prévu, qu'il est régi par les lois ; mais *il peut arriver que de petites différences dans les conditions initiales en engendrent de très grandes dans les phénomènes finaux ; une petite erreur sur les premières produirait une erreur énorme sur les derniers. La prédiction devient impossible* ».

Poincaré (1908) ; *Science et méthode* ; Flammarion, Paris . Réédition Kimé, Paris 1999.

Chapitre 4 . Changements structurels, interactions multi-agents et économie historique : réflexions méthodologiques et présentation de la plate-forme Moduleco

Ce chapitre est consacré à une introduction à la problématique qui a sous tendu le développement de la plate-forme multi-agents Moduleco, qui doit être considéré comme un projet consécutif aux réflexions méthodologiques esquissées dans le chapitre un. Ce travail, commencé au printemps 2000 repose sur une collaboration transdisciplinaire avec Antoine Beugnard, *architecte logiciel*. Cette plate-forme a été conçue avec comme objectif de fournir à la communauté des économistes un outil de *conceptualisation*²⁴³ et de *simulation* puissant pour traiter un certain nombre de problèmes inhérents à l'émergence et au fonctionnement d'institutions économiques comme les marchés ou les organisations. Une application plus pratique qui ne sera pas abordée ici concerne également le développement d'outils de simulation et de conseil pour l'aide à la décision dans le domaine des marchés de l'Internet.

Conformément à la méthode préconisée par les concepteurs de *systèmes artificiels fondés sur des agents autonomes*, ce type de plate-forme produit d'abord *des résultats génériques, communs aux systèmes naturels, vivants et humains*. Bien entendu, ces résultats, qui se situent à un haut niveau d'abstraction, doivent ensuite être replacés dans leur contexte pour être interprétés par une discipline particulière, ce que nous montrerons. Cependant il était utile de « caler » le *modèle conceptuel* de notre plate-forme sur un certain nombre de simulations et de formes d'organisation issues du monde physique (par exemple le modèle d'Ising), vivant (des modèles de coévolution d'espèces) ou artificiel (comme le « jeu de la vie » du mathématicien Conway). Un certain nombre de modèles sociologiques et économiques déjà bien connus (ou moins connus) ont également été testés. Ils seront rapidement présentés dans ce chapitre pour souligner l'intérêt de l'exercice dans le processus de développement de notre plate-forme ; mais nous renvoyons aux articles originaux des auteurs pour une présentation

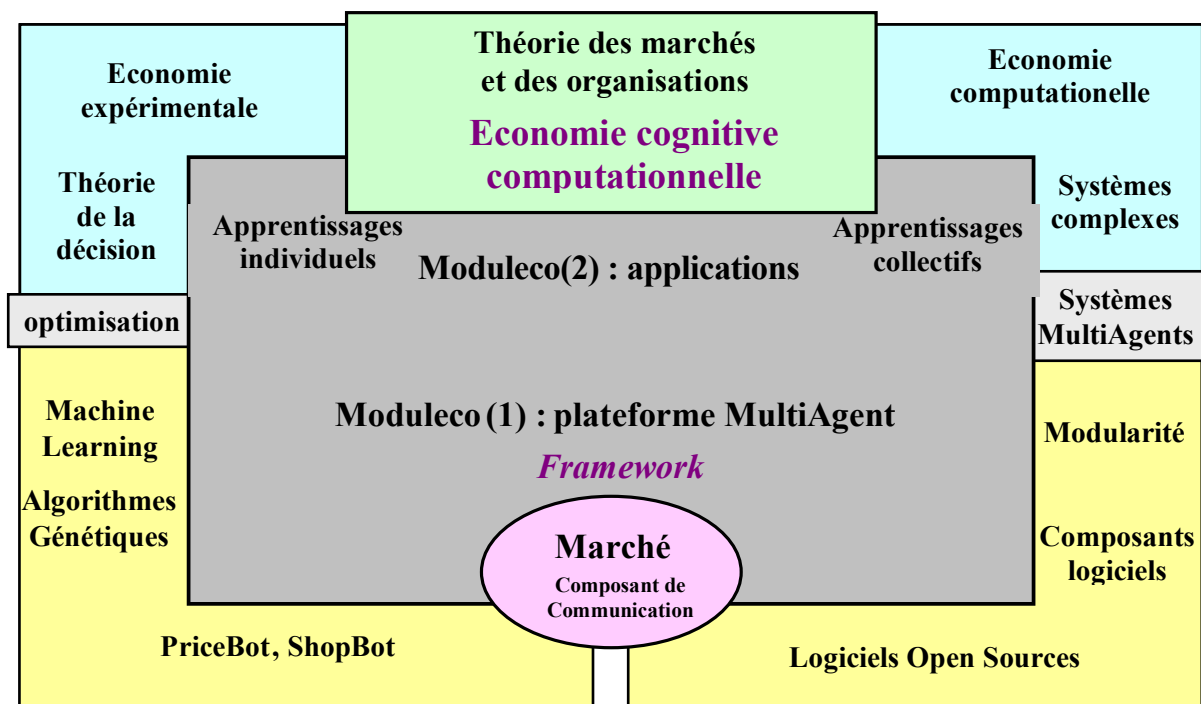
²⁴³ Le cadre conceptuel proposé par UML (*Unified Modelling Language*) pourrait, selon nous, fournir dans le futur un moyen fécond pour conceptualiser des problèmes *d'architecture d'interaction et de communication de l'information* qui pourrait être utile à l'économiste pour penser ses problèmes, un peu à la manière dont la théorie des jeux ou la théorie des graphes apporte des éléments d'interprétation *complémentaires* par rapport au calcul différentiel.

complète de ces modèles. Par contre, à ce jour aucun modèle original n'est complètement déployé.²⁴⁴

A - Moduleco

Moduleco est une plate-forme « multi-agents », à l'intersection de plusieurs disciplines, conçue pour simuler les marchés et les organisations, les phénomènes sociaux et la dynamique des populations. Il s'agit donc de faire de *l'économie cognitive computationnelle* (figure 4-1)

Figure 4-1 : Moduleco, une plate-forme trans-disciplinaire



Dans le haut de la figure 4-1, on mentionne les approches économiques et non économiques qui ont été prises en compte au niveau de la conception de la plate-forme. Une finalité de Moduleco est *d'intégrer la dimension individuelle et les dimensions collectives*. Les notions d'apprentissage individuel et d'apprentissage collectif seront précisées plus loin (section 4.1).

²⁴⁴ Le modèle de concurrence en tarif binôme avec externalité n'intègre pas pour l'instant les apprentissages des vendeurs, et les propriétés génériques de diffusion associées aux différentes structures d'interaction n'ont pas encore été testées. Des collaborations avec Benoit Leloup pour la formalisation des apprentissages des vendeurs, d'une part et avec Jean Pierre Nadal, pour l'exploration des dynamiques globales liées aux structures d'interaction sont en cours, mais n'ont pas encore produit de résultats.

Pour une première approche, on retiendra *l'économie expérimentale* et la *théorie de la décision* comme deux démarches représentatives du programme « *cognitif* » de l'économie cognitive (Walliser, 2000). Bien entendu, ces deux démarches prennent en compte le collectif (par exemple la théorie de la décision interactive), mais elles sont orientées vers le comportement du décideur. Pour l'instant, à l'exception des travaux de Benoit Leloup (2001) présentés dans la première section (§ 4.1.1.). Cette intégration reste largement programmatique²⁴⁵.

Quand on aborde la dimension collective, on a à l'esprit le programme « *évolutionniste* » de l'économie cognitive au sens de Walliser (2000). C'est sur cette dimension, moins familière aux économistes, que nous allons insister dans ce chapitre. Si les aspects *computationnels*²⁴⁶ sont importants, nous insisterons plus particulièrement ici sur l'intégration avec l'approche des systèmes complexes, dont la dimension économique a déjà donné lieu à deux ouvrages collectifs fort riches (Anderson, Arrow, 1988 ; Arthur, Durlauf, Lane, 1997).

Sur la figure 4-1, on a présenté le *domaine informatique* dans les zones du bas et les *disciplines applicatives* dans les zones du haut. La troisième section de ce chapitre sera cependant consacrée à la présentation de la logique de la plate forme Moduleco elle-même.

B - Les systèmes artificiels fondés sur des agents autonomes: un outil pour formaliser les dynamiques historiques.

La construction de *systèmes artificiels fondés sur des agents autonomes* vise à abstraire des différents systèmes naturels des propriétés formelles analogues (Bonabeau, 1994). Cette approche repose sur l'identification des interactions dynamiques entre les agents, éléments du système, et des effets de ces interactions sur les agents et sur le collectif qu'ils forment. La formalisation de ces interactions au travers d'une *organisation abstraite*, intégrant les interactions entre agents et leurs effets individuels et collectifs, permet d'étudier les *causalités formelles* associées à ce système formel indépendamment des contingences matérielles associées aux systèmes réels.

²⁴⁵ Les travaux du projet ALICE (Agents Logiciels Intelligents pour le Commerce Electronique) ont en particulier comme objectif de passer rapidement à la mise en œuvre, que ce soit dans le domaine de la décision ou de l'interfaçage pour l'économie expérimentale.

²⁴⁶ Cf. les synthèses de Tesfatsion (1997, 2001a, 2001b) sur *Agent-Based Computational Economics* (ACE) et Axtell (2000)

L'objectif est alors de trouver les règles fondamentales qui régissent l'ensemble des systèmes adaptatifs complexes. Selon cette perspective, on fait apparaître l'*ordre* comme produit inévitable (un *attracteur*) de la dynamique du système, sans préjuger pour autant de l'importance des facteurs matériels (Bonabeau, 1994, p.16); « *l'expérimentation par simulation* » est alors la voie privilégiée pour l'étude de ces systèmes artificiels. Une approche analytique n'est pas exclue *a priori*, mais elle se révèle souvent difficile à mettre en œuvre, *l'exploration synthétique* au moyen de simulations informatiques apparaît alors plus appropriée

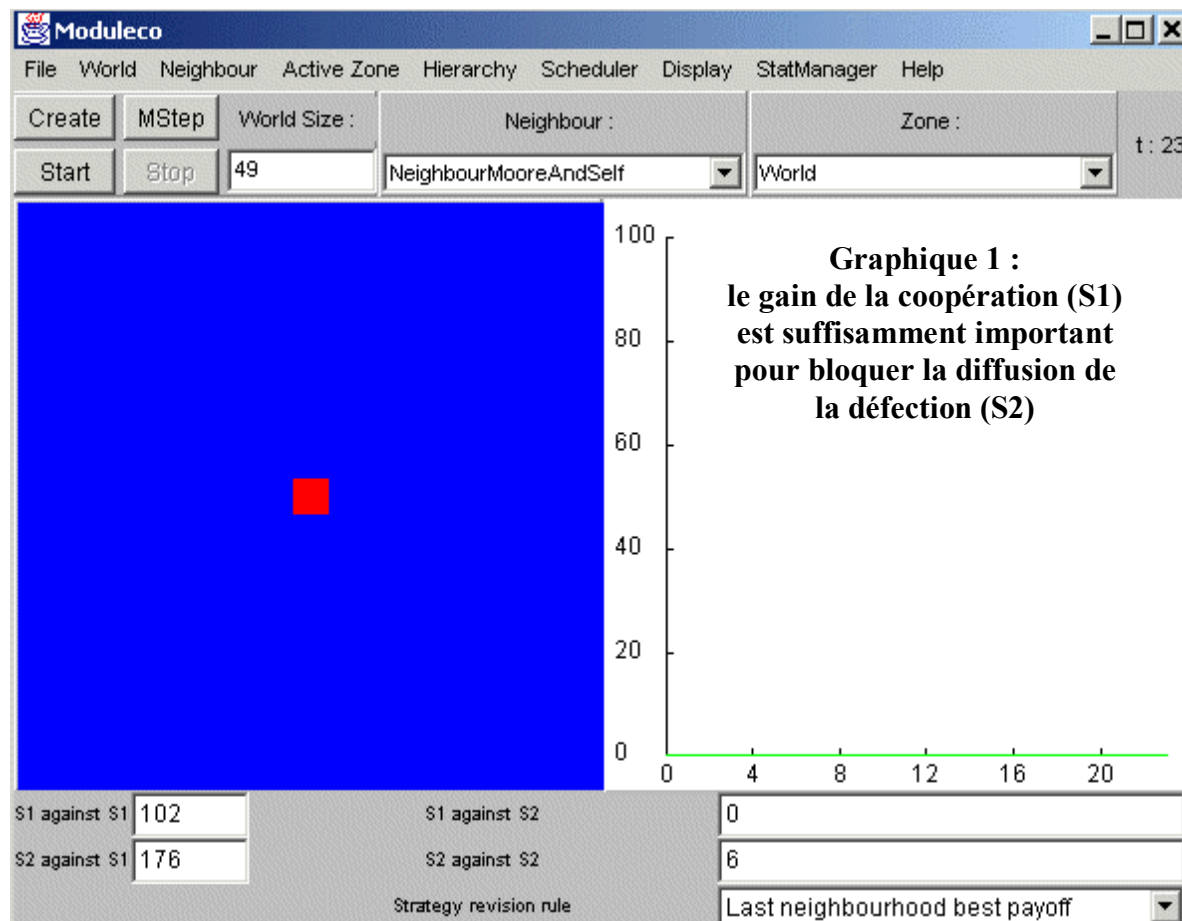
A ce niveau élevé d'abstraction, un aspect important (intrinsèque) de la complexité est le rôle dévolu au *hasard* : il permet de prendre en compte l'*historicité* et de rendre compte du paradoxe entre la nature ordonnée et déterministe des représentations scientifiques et l'expérience quotidienne du rôle des contingences dans tous les domaines que l'on peut observer.

La dynamique des systèmes complexes peut varier en fonction des circonstances : *il n'y a pas de proportionnalité entre les causes et les effets*. Beaucoup de systèmes complexes peuvent *changer brutalement de comportement*, ce qui suggère que les relations fonctionnelles qui les représentent ne sont pas linéaires, et même souvent non différentiables (du moins localement) Les systèmes complexes, fortement non linéaires, résistent (généralement) aux méthodes classiques de l'analyse mathématique (réductionnisme). Pourtant ils peuvent être régis par des processus évolutifs simples.

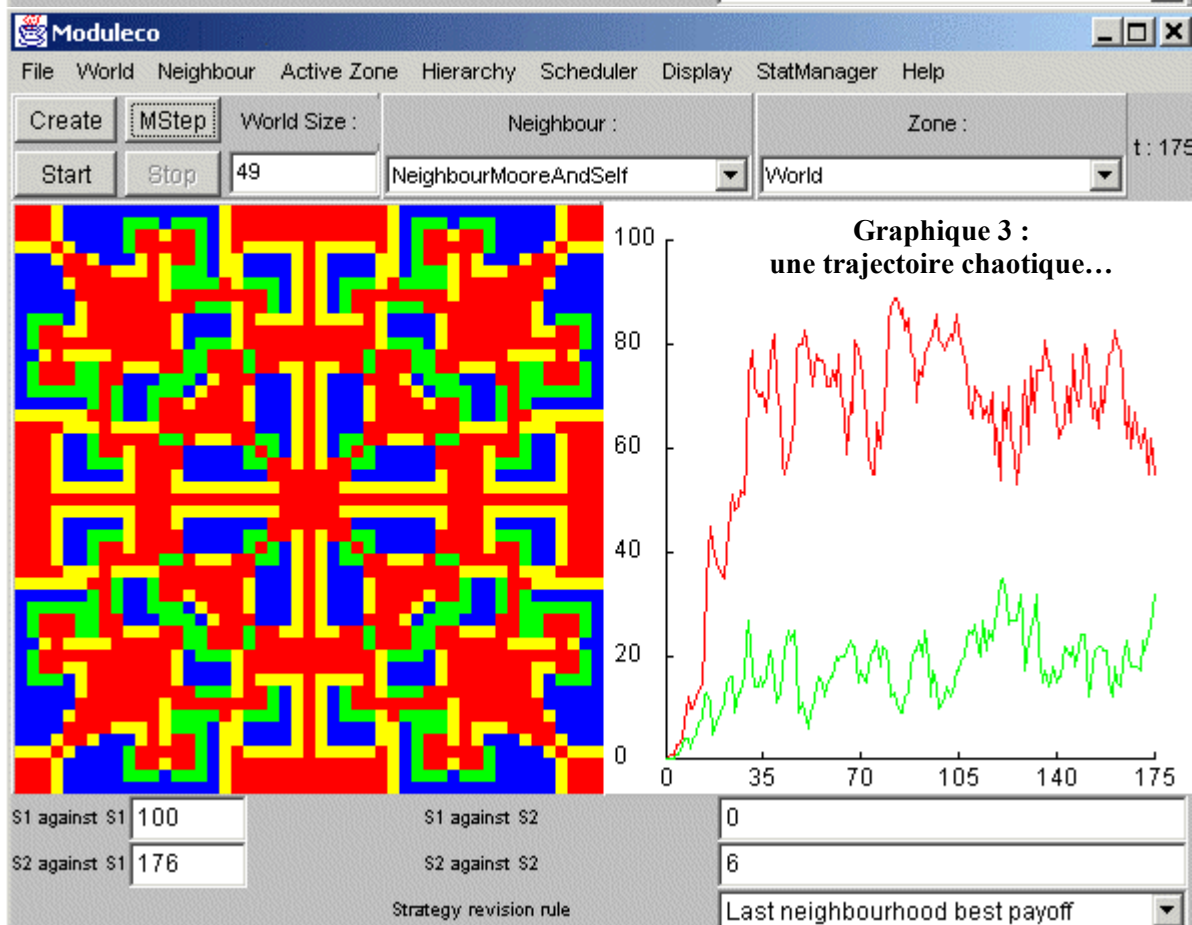
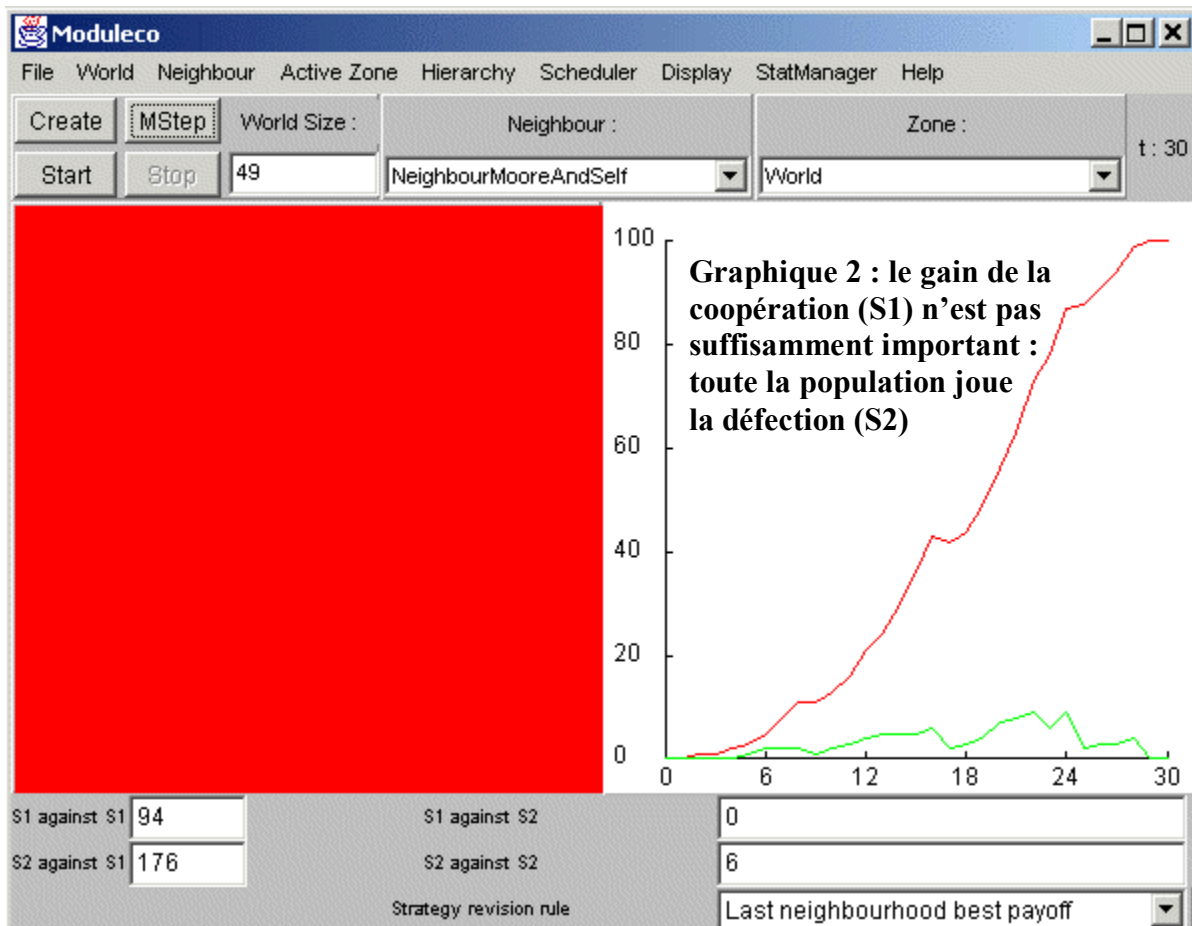
Des comportements individuels très simples peuvent, lorsqu'ils sont rendus interdépendants par une structure d'interaction spécifique, produire des dynamiques complexes. La modèle ci-dessus est inspiré de May, Nowak (1992, 1993). Il s'agit d'un dilemme du prisonnier spatial. On prend une population de coopérateurs en équilibre sur un réseau torique. Chaque joueur joue le dilemme du prisonnier avec ses huit voisins immédiats. Puis il observe les gains totaux de ses voisins, sans cependant connaître les stratégies jouées par les joueurs qui se trouvent à une distance supérieure. Les joueurs révisent alors leur stratégie selon deux règles très simples.

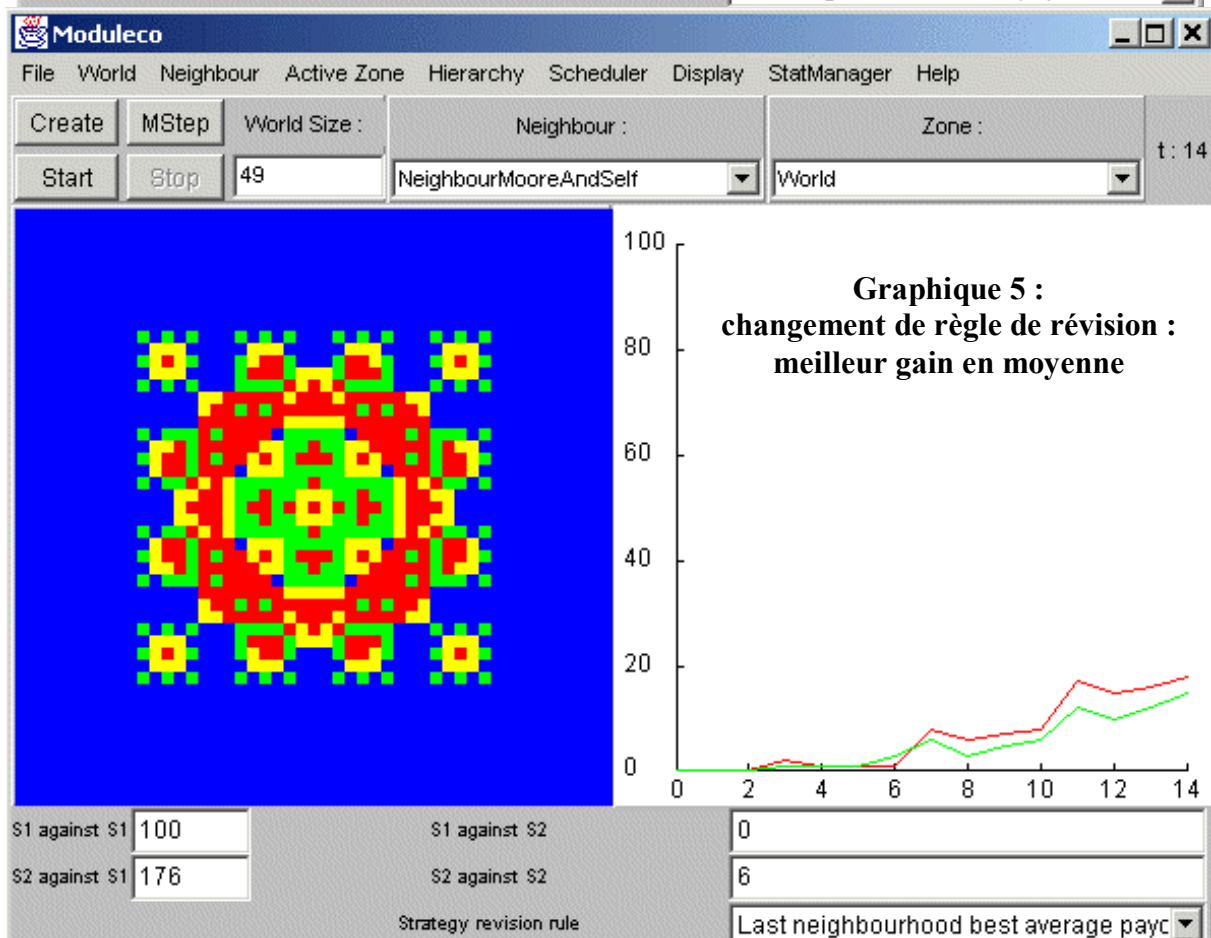
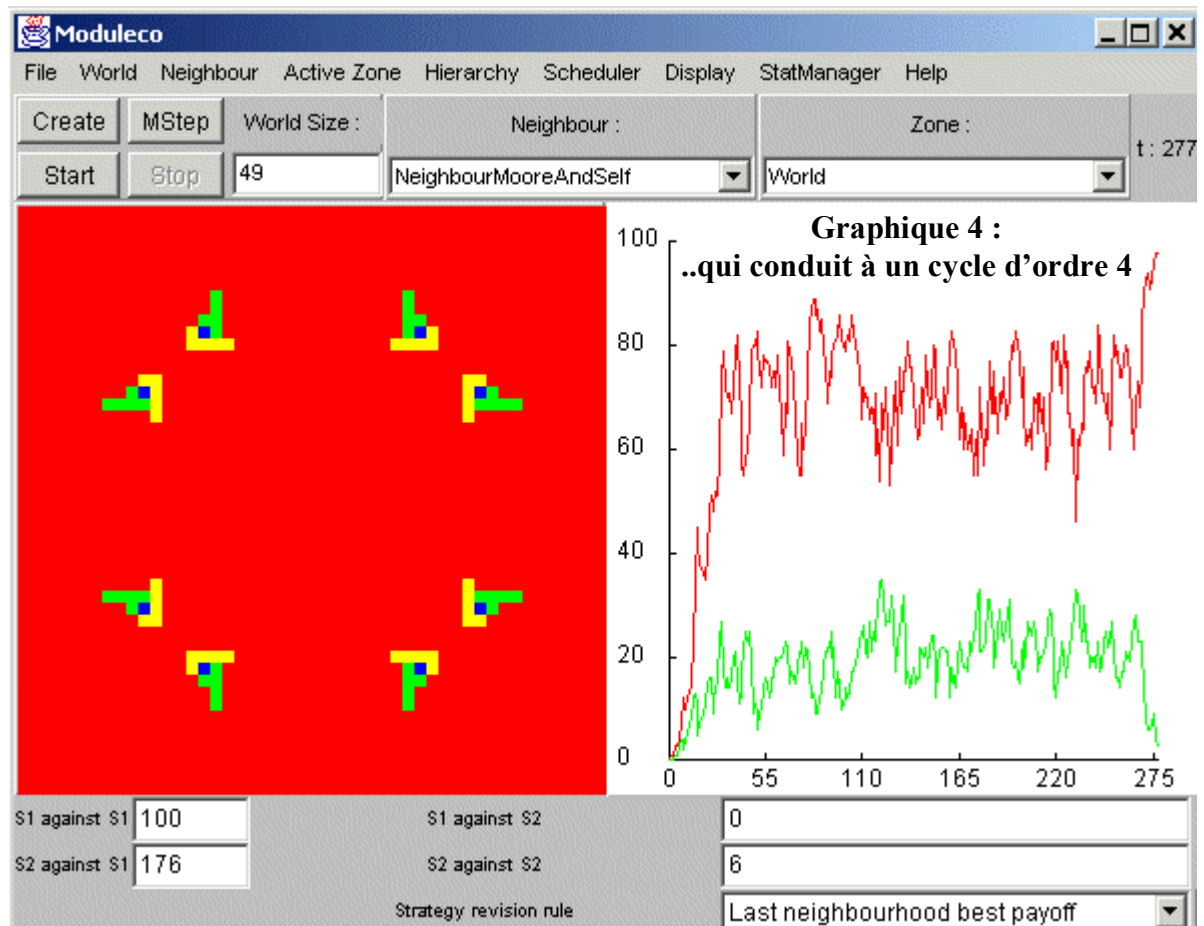
Dans le modèle de May, Nowak (1992, 1993), il reproduisent la stratégie du joueur qui a eu le meilleur gain si celle -ci est supérieure au gain qu'ils auraient eu en jouant contre eux-mêmes (*last neighbourhood best payoff*). Nous avons ajouté une option dans laquelle les joueurs reproduisent la stratégie qui en moyenne a eu le meilleur gain (*last neighbourhood best average payoff*). Il s'agit donc d'une *forme spatiale de jeu évolutionnaire*. Les joueurs n'ont aucune mémoire, et le jeu est purement déterministe : on amorce en plaçant un défecteur au milieu d'une population de coopérateurs ($49^2 - 1 = 2400$ coopérateurs !)

Sur le graphique 1, le gain de la coopération contre elle-même (S1 contre S1 : 102) est suffisamment élevé pour bloquer la diffusion de la stratégie de défection (S2). Les défecteurs forment une « zone gelée » de 9 joueurs. Sur le graphique 2, le gain de la coopération contre elle-même (S1 contre S1 : 94) est trop faible : au bout de 30 périodes, toute la population joue la défection. Dans le graphique 3, on a pris un gain intermédiaire (100). La trajectoire dynamique devient quasi chaotique et produit de belles figures géométriques. Dans ce cas précis, elle converge (graphique 4) vers un cycle²⁴⁷ de période 4 au bout de 277 itérations. Le graphique 5 montre le même jeu, mais avec une règle de révision différente des stratégies : ici le joueur retient la stratégie qui a en moyenne fait le meilleur gain. Dans ce cas, il faut attendre dans les 900 périodes avant de voir la dynamique converger vers un cycle de longueur 24. Mais une telle dynamique peut très bien durer un temps indéfiniment plus long.



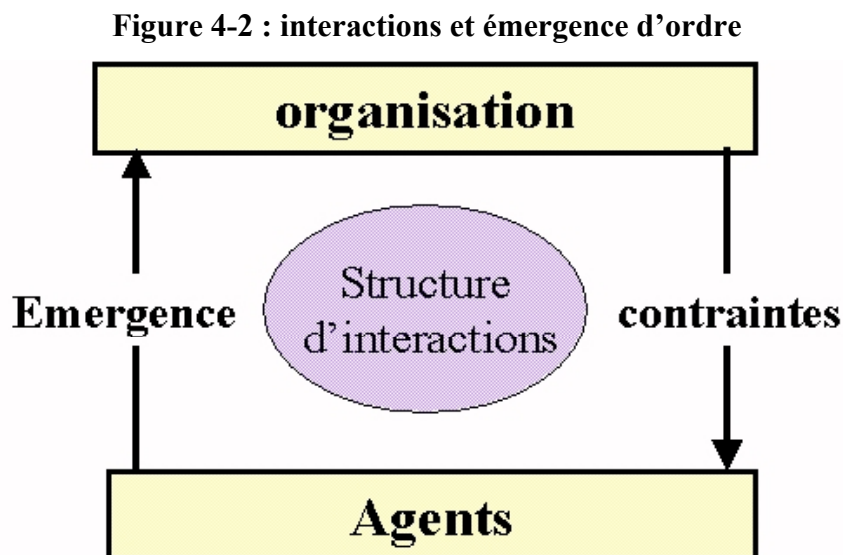
²⁴⁷ Dans le cas d'un réseau d'automate, comme on le verra plus loin on appelle « cycle » le nombre de configurations qu'il faut parcourir pour revenir à une configuration donnée. Dans ces réseaux, il n'y a donc pas de « cycles limites », comme dans les trajectoires sur un espace continu.





B - L'émergence.

C'est l'*interaction* entre les éléments d'un système dynamique qui est à la source du chaos et de la complexité. Les effets des interactions peuvent apparaître totalement aléatoires (alors qu'elles sont produites par des règles déterministes). Ils peuvent aussi conduire à l'émergence d'un ordre (structure, organisation - Atlan (1979) définit la complexité comme « *un ordre dont on ignore le code* »).



L'*émergence* est la propriété centrale des systèmes dynamiques fondés sur des agents autonomes en interaction. De leurs interactions locales, émergent *les propriétés globales du système que l'on ne saurait prédire par la seule connaissance des règles qui gouvernent les éléments qui le composent*. Elle résulte de la confrontation des agents sur la structure d'interaction : une meilleure connaissance des propriétés génériques (dynamiques, morphogénétiques) de la structure d'interaction devrait permettre une meilleure connaissance de ces propriétés émergentes.

Un des premiers exemples d'émergence fondée sur des interactions sociales peut être trouvé dans les modèles de ségrégation de Schelling (1969, 1971, 1978). Celui-ci avait pour but de montrer que des structures résidentielles ségrégationnistes (ghettos) pouvaient apparaître même si les préférences des habitants étaient compatibles avec une structure intégrée des populations, ce qui est le cas avec des préférences faibles, comme par exemple : « j'accepte d'habiter avec un voisinage majoritairement différent de moi, sauf si je suis trop minoritaire ».

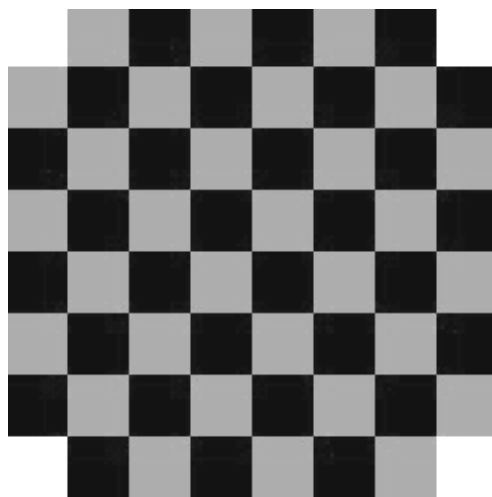
Dans ce modèle, *les agents n'interagissent que localement, avec leurs 8 voisins immédiats*²⁴⁸. Ils ne sont pas concernés par la configuration générale de l'habitat.

Chaque agent accepte un voisinage majoritairement différent pour peu qu'il y ait au moins 37,5% de voisins semblables. En pratique, Schelling propose la règle du jeu suivante : si je n'ai qu'un ou deux voisins, un au moins doit être semblable à moi (au plus 50% de différence) ; si j'ai entre trois et cinq voisins, deux au moins doivent m'être semblables (33 %, 50%, 60% de voisins différents) ; et si j'en ai six à huit, trois au moins doivent être semblables (50%, 57,1%, 62,5% de voisins différents).

Les interactions locales suffisent pour faire apparaître des configurations globales fortement homogènes : la ségrégation est une propriété émergente du modèle. Cependant certaines configurations locales intégrées - des îlots, par exemple - peuvent être résistantes aux perturbations extérieures.

Les structures fortement intégrées sont instables lorsqu'elles sont confrontées à des perturbations aléatoires, alors que les structures homogènes sont beaucoup plus stables ("zones gelées").

Figure 4-3 : «équilibre avec population intégrée

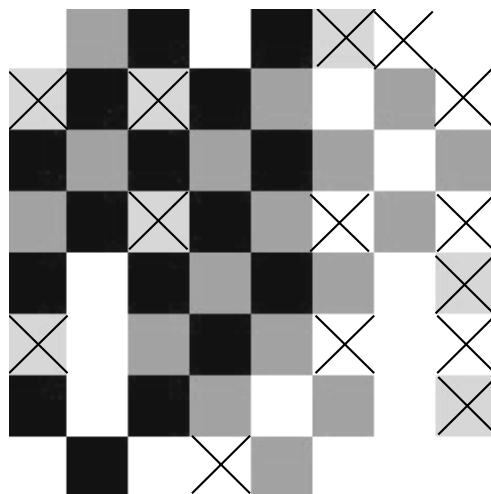


On dispose, sans remplir les coins, 60 habitants, 30 "rouges" et 30 "noirs" sur un damier 8x8. L'intégration complète correspond à un ordre où les habitants sont disposés alternativement, de telle sorte qu'un habitant, quelque soit sa couleur, ait exactement quatre voisins rouges et quatre noirs à partir de n'importe quelle position au delà de la rangée de bordure,. Pour les rangées du bord, on trouve alternativement deux (ou trois) semblables sur les cinq voisins, et

²⁴⁸ Il s'agit d'un voisinage de « Moore », cf. § 4.2.1.

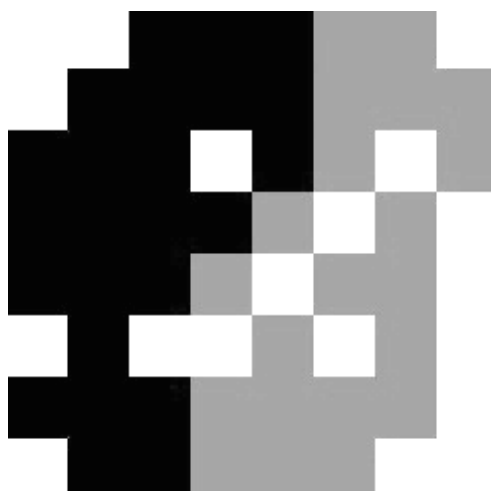
deux de chaque près des coins. Cette configuration d'intégration maximale est un équilibre, puisque aucun habitant ne souhaite déménager. Sur la copie d'applet java représentée sur la figure 4-4, on perturbe ensuite la distribution. Schelling enlevait (à la main) 20 habitants et en rajoutait 5 au hasard. Les habitants mécontents de leur voisinage apparaissent barrés d'une croix.

Figure 4-4 : 14 habitants mécontents



Les habitants mécontents déménagent en cherchant au hasard une localisation conforme à leurs vœux. Ces déplacements engendrent de nouveaux mécontentements et la population continue à bouger jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit atteint. celui-ci peut correspondre à un état de parfaite ségrégation, ou parfois, laisser subsister des zones d'intégration ou des « niches » de différence au sein d'une population homogène.

Figure 4-5 : convergence vers une structure en ghettos après 4 itérations.

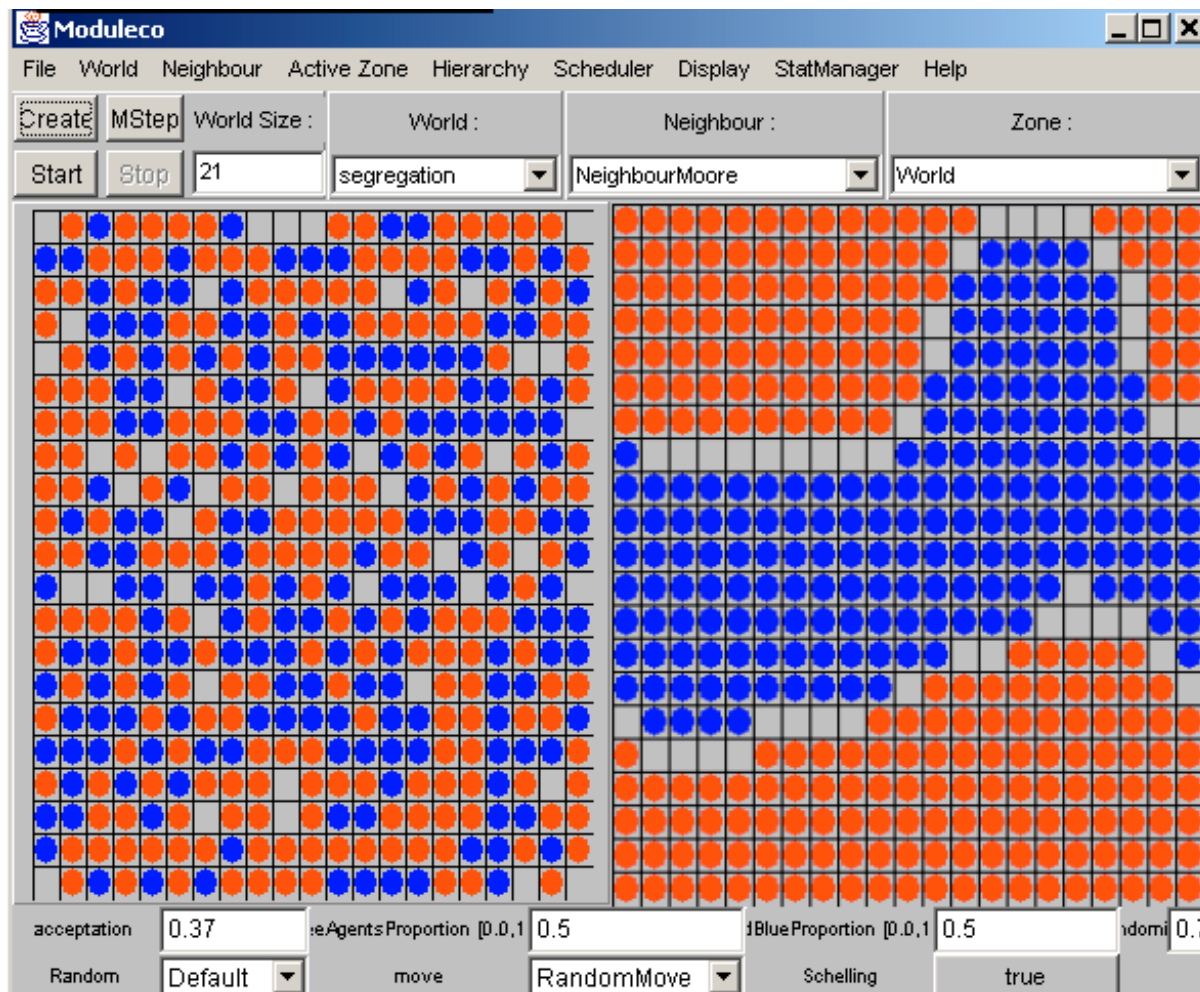


Dans le modèle de Schelling, la formation de Ghetto est le résultat *inintentionnel* de la composition des comportements individuels. L'intention des agents est dans ce cas de figure de ne pas être trop « isolé », non de créer une nouvelle organisation de l'espace. Une telle

structure est dite « émergente » car elle ne figure pas dans l'espace des choix des agents préalablement à sa formation. Elle n'est la conséquence du comportement de personne en particulier, mais tous contribuent directement ou indirectement à cette émergence.

Le modèle de Schelling a été développé sur la plate-forme multi-agents Moduleco. On retrouve les résultats du modèle initial pour différents algorithmes de déplacement et différentes tailles du réseau²⁴⁹.

Figure 4-6 : ségrégation et émergence de ghettos dans le modèle de Schelling



le principe créatif de l'émergence est une propriété centrale des systèmes dynamiques complexes. Mais les effets des interactions sur les structures n'apparaissent pas de manière homogène dans le temps on observe des périodes de stabilité – « *stases* », « *régimes* » - ponctuées par des périodes de crise qui caractérisent la transition d'un niveau d'organisation à l'autre (complexité temporelle). En effet, dans un monde « *linéaire* », le principe de

²⁴⁹ Dans Moduleco, les agents sont réellement mobiles, comme on le verra plus loin.

proportionnalité associée aux petites perturbations de petits effets, tandis que des perturbations majeures sont nécessaires pour entraîner des ruptures. Les situations qui nous intéressent correspondent à un monde essentiellement non linéaire. Le principe de proportionnalité n'est plus respecté et les dynamiques y sont non linéaires : il se peut que des modifications de l'environnement d'ampleurs similaires produisent des changements d'importance très variés, comme on le verra ultérieurement dans la section 2.

4.1. Formaliser les apprentissages individuels et collectifs et la communication de l'information dans les structures d'interaction pour comprendre l'historicité des structures économiques

Formaliser et simuler les marchés au moyen de systèmes multi-agents.

Si l'on considère le marché à la fois comme un *système complexe informationnel interactif et cognitif socialement produit*, la modélisation des fonctions associées aux relations marchandes par des composants informatiques dans un *système multi-agent* apparaît pertinente pour *comprendre* les phénomènes que l'on peut observer sur les marchés « réels ».

Dans un tel système, les acheteurs, comme les vendeurs, peuvent être représentés individuellement par un *agent logiciel* approprié. Chaque agent est alors relié par des *structures de communication* à d'autres éléments du système. L'agent peut ainsi échanger de l'information avec son environnement, adapter son comportement en fonction de cette information (*apprentissage individuel*), et contribuer par cette voie à l'adaptation du système dans son ensemble (*apprentissage collectif*, selon la terminologie de Dosi, Marengo, Fagiolo, 1996). La connaissance des *propriétés génériques* de ces systèmes, par exemple selon l'approche des « systèmes complexes » (Weisbuch, 1989) ou celle complémentaire, de *l'économie cognitive* (Walliser, 2000), qui se trouve à un niveau d'abstraction moins élevé, nous guide alors dans l'exploration à la fois théorique et pratique des propriétés des marchés ainsi formalisés.

Simuler c'est comprendre (Dupuy, 1994).

Le cadre conceptuel qui permet de tels développements s'est principalement mis en place depuis le début des années quatre-vingt-dix, même si certaines contributions décisives remontent jusqu'aux années soixante-dix. Les contributions de référence relèvent de domaines variés (par exemple modèles d'optimisation et d'apprentissage individuel en environnement stochastique, jeux évolutionnaires, modèles stochastiques d'interaction, réseaux sociaux, etc.).

Mais tous ces modèles accordent une importance significative à la circulation de l'information et aux phénomènes cognitifs (adaptation, révision des croyances, apprentissages). En conséquence, l'étude des processus importe autant que l'analyse des états asymptotiques où ils peuvent éventuellement conduire. Dans la majorité des modèles, les agents économiques considérés sont initialement hétérogènes, ou lorsque qu'ils sont initialement homogènes, la combinaison de leur capacité d'adaptation ou d'apprentissage avec leur insertion dans une structure spécifique d'interaction peut conduire à des trajectoires individuelles hétérogènes. Au delà des résultats analytiques que l'on peut parfois obtenir dans des cas généralement simples, il est intéressant de procéder à des expérimentations « *in silico* », c'est à dire à des simulations sur des systèmes plus complexes pour lesquels on ne peut disposer analytiquement que de résultats asymptotiques, et parfois même pour lesquels il n'existe pas de résultats généraux. Les systèmes multi-agents, largement issus des développements associés à la « vie artificielle » (Langton, 1989, 1995, Lane, 1993, Bourguine, Bonabeau 1998) sont alors particulièrement adaptés à cette démarche.

Les apprentissages dans les marchés formalisés comme des systèmes multi-agents : de l'individuel au collectif.

Lorsque l'on s'intéresse aux apprentissages dans les systèmes multi-agents, deux classes de modèles peuvent être distinguées (Dosi, Marengo, Fagiolo, 1996). D'une part, ceux qui mettent plutôt l'accent sur l'apprentissage individuel des agents, d'autre part ceux qui mettent plus volontiers l'accent sur les apprentissages collectifs et les interdépendances dans la formation des croyances. Ces deux aspects ne sont pas mutuellement exclusifs, mais la technicité des méthodes employées et la volonté d'obtenir des résultats clairement interprétables poussent indiscutablement à spécialiser les tâches, - du moins dans un premier temps - sur l'un ou l'autre de ces aspects.

On peut distinguer les agents selon leur capacité cognitive (Bourguine, 1993, Walliser, 1998). Des agents dotés de différentes capacités cognitives peuvent par ailleurs co-évoluer au sein de populations cognitivement polymorphiques et les résultats obtenus dans ces simulations viennent étendre d'une certaine manière d'autres résultats obtenus de manière analytique dans le cadre des jeux évolutionnaires (cf. par exemple Banerjee, Weibull, 1995), qui font co-évoluer des agents programmés (au comportement fixé), et des agents éductifs). Mais ces modèles ne produisent pas toujours de résultats satisfaisants quand de nombreux agents adaptent simultanément leur comportement. En effet, le résultat émergent de ces interactions

peut être caractérisé par des phénomènes de mémoire longue et donc de fortes dépendances historiques (David, 1993). Des modèles d'apprentissage alternatifs ont été utilisés, comme par exemple les algorithmes génétiques, ou leur extension en *systèmes de classifieurs* (Holland, 1975, Arthur, 1989 ; Bourguine, Douzal, 1991 ; Sargent, 1993, Marengo, Tordjman, 1996, Vallée, Yldizoglu, 2002).

4.1.1. Les formes de l'apprentissage individuel

Dans cette section, on rappelle brièvement deux typologies de hiérarchies cognitives d'agents proposées respectivement par Bourguine (1993) Walliser (1998). Ces deux typologies ne se recouvrent pas exactement, dans la mesure où celle de Paul Bourguine est conçue par rapport à une problématique de coévolution de populations dans un environnement artificiel du type de celui que propose Moduleco, alors que la classification de Bernard Walliser se réfère aux usages des économistes et des théoriciens des jeux. Plus précisément, ce dernier propose une typologie des processus qui permettent de converger vers un équilibre en théorie des jeux. Il en distingue quatre ; soit, par ordre décroissant des capacités cognitives attribuées aux agents

- Dans un processus *Eductif*, chaque joueur dispose d'assez d'informations pour simuler parfaitement le comportement des autres joueurs, ce qui conduit immédiatement à l'équilibre : il n'y a pas d'apprentissage.
- Dans un apprentissage *Epistémique*, chaque joueur révisé ses croyances relatives aux stratégies des autres adversaires à partir des informations qu'il a pu observer.
- Dans un apprentissage *Comportemental*, chaque joueur modifie sa stratégie compte tenu des résultats observés de ses propres actions dans le passé. (n.b. c'est le comportement de l'agent « hédoniste » de Bourguine)
- Dans un apprentissage Evolutionnaire, chaque joueur joue une stratégie fixe qui se reproduit proportionnellement au gain obtenu lors de confrontations aléatoires

Bourguine (1993) propose de classer les agents par ordre croissant de capacité cognitive (tableau 4-1). Une première comparaison rapide amène à considérer que les agents *épistémiques* de Bernard Walliser correspondent à une version affaiblie des agents *éductifs* de Paul Bourguine, et qu'au contraire les agents *éductifs* de Bernard Walliser sont une version extrêmement forte de la catégorie correspondante chez Paul Bourguine.

	<i>Agent réactif</i>	<i>Agent hédoniste</i>	<i>Agent éductif</i>
Stratégies	Fixée	Adaptation lente	Adaptation rapide
Caractérisation	"situatedness"	"consciousness"	"awareness"
Interactions	Coopératives	Mimétiques	Spéculaires

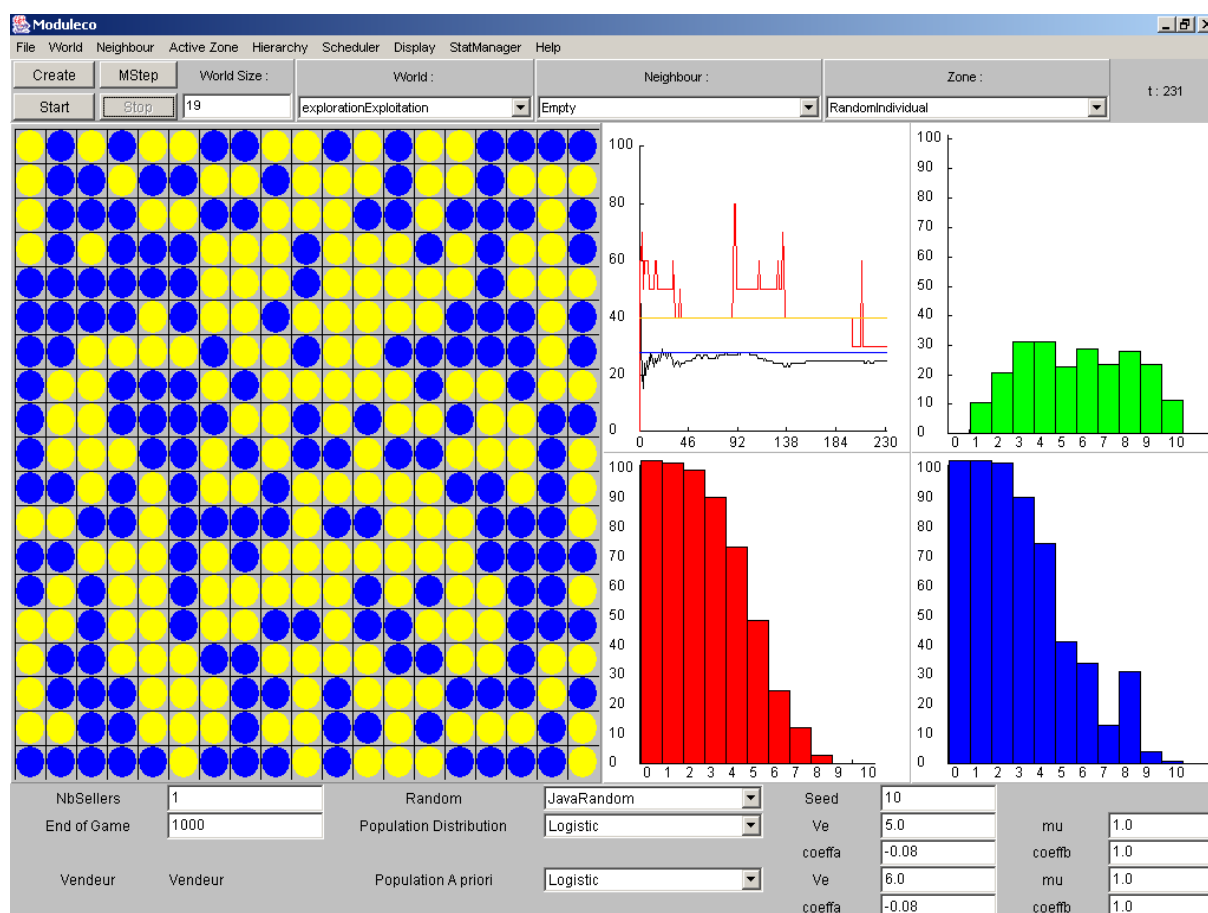
Dans ce qui suit, nous ne décrivons pas les différentes formes de l'apprentissage individuel (Walliser, 2000) et nous nous limiterons à montrer la simulation sur Moduleco d'un processus *d'apprentissage optimal bayésien par expérimentation*, avec arbitrage exploration-exploitation, basé sur les indices de Gittins (1989). Ce modèle est dû à Leloup (2001) et se fonde également sur des résultats de Bourguine Leloup (1998, 2000). Il considère le problème d'un vendeur en situation de monopole avec demande inconnue. Les acheteurs font un choix discrets (acheter ou ne pas acheter) et les prix sont également discrets. Cette situation est proche de celle étudiée par Rothschild (1974) qui a initié les travaux sur l'apprentissage optimal (bayésien) par expérimentation. Dans les deux cas, il y a *apprentissage incomplet* dans la mesure où le vendeur n'apprend pas, de manière presque sûre (i.e., avec probabilité un), à proposer le ou les prix dont l'espérance de gain (inconnue du vendeur) est la plus élevée en l'absence d'incertitude sur la distribution des préférences des consommateurs. Ces résultats d'apprentissage incomplet peuvent aussi se reformuler en disant qu'en un temps infini (et *a fortiori* en temps fini), des vendeurs qui suivent un processus optimal d'apprentissage par expérimentation peuvent obtenir durablement des résultats sous- optimaux²⁵⁰.

Dans le modèle de tarification dynamique proposé dans Leloup (2001), un vendeur s'adresse à une population de consommateurs suffisamment importante pour qu'aucun d'entre eux ne puisse avoir une influence significative sur le marché. Les consommateurs arrivent de manière séquentielle à un taux constant et chacun d'entre eux peut acheter une même quantité fixe du

²⁵⁰ Il serait intéressant de voir, à l'aide de simulations, dans quelle mesure des procédures d'apprentissages qui ne suivent pas une trajectoire localement optimale conditionnellement à l'information disponible, comme des méthodes d'apprentissage par auto-renforcement ou des algorithmes génétiques peuvent obtenir en un temps fini des résultats plus performants qu'une procédure d'apprentissage optimal (bayésien) par expérimentation. Des résultats analytiques ont été publiés sur ce thème par Lettau, Uhlig (1999). Dans ce cas, une critique supplémentaire pourrait être faite à l'argument du « *as if* » de Friedman (1953). Si des mécanismes par auto-renforcement ou par apprentissage sélectif obtiennent dans une certaine proportion des résultats plus efficaces que des méthodes localement optimales conditionnellement à l'information disponible, les firmes qui survivent à un processus concurrentiel ne sont pas nécessairement les firmes dont les choix correspondent à ceux que feraient des entreprises optimisatrices.

bien considéré²⁵¹. Pour simplifier, on suppose qu'un consommateur arrive à chaque période et qu'il a le choix entre acheter une unité ou ne rien acheter. On suppose également que le vendeur peut proposer un prix choisi dans un ensemble discret et fini $\{p_i\}_{i \in (1..k)}$ et ordonné ($p_1 < \dots < p_k$) à chaque consommateur qui se présente, et que ces offres ne sont pas négociables. Le vendeur ne connaît pas les valeurs de réservation des consommateurs, de telle manière qu'il peut au mieux supposer que les comportements des consommateurs peuvent être convenablement décrits et définis par des règles probabilistes. Pour apprendre de ses interactions avec ses clients, le vendeur doit également supposer que la distribution de probabilité représentant les comportements des consommateurs ne change pas au cours du temps (hypothèse de stationnarité).

Figure 4-7 : apprentissage optimal par expérimentation (1)

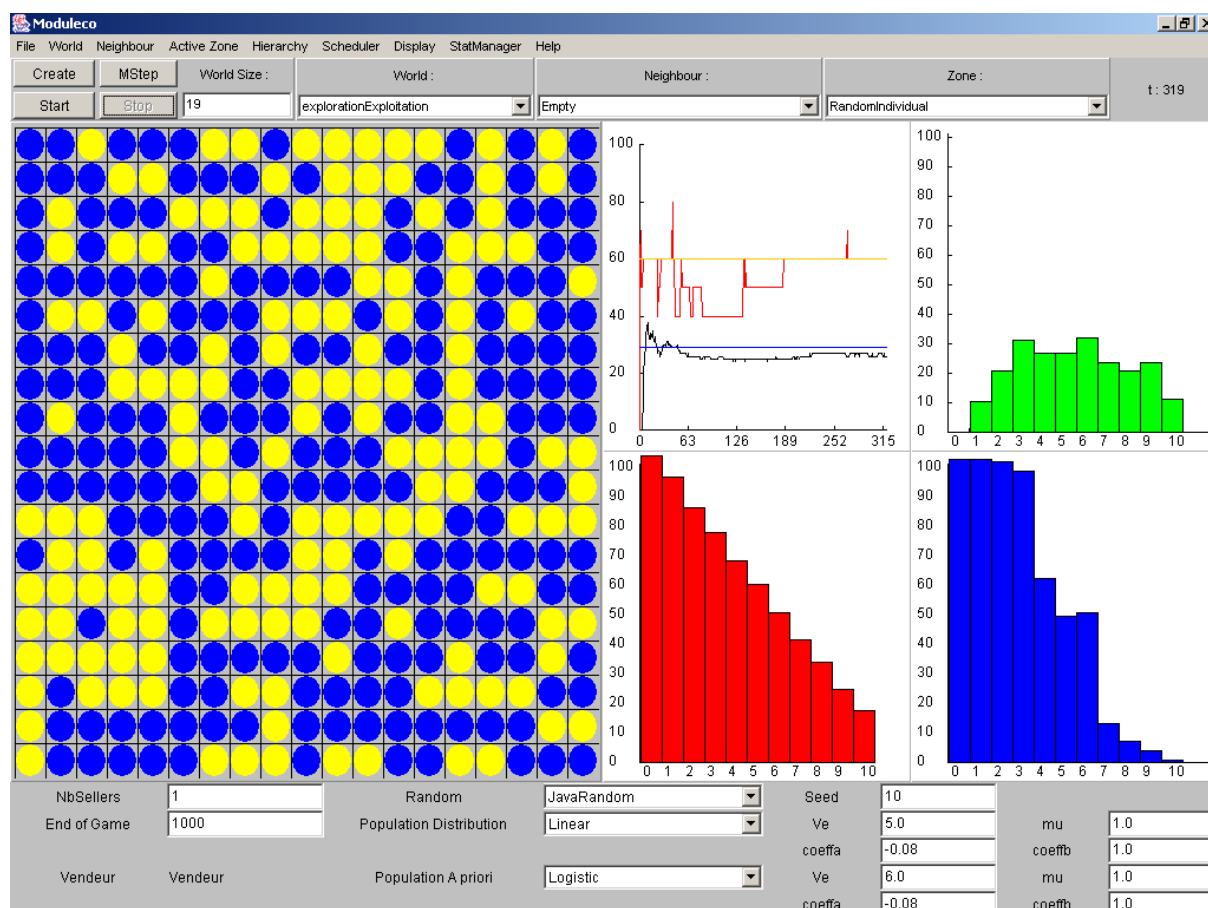


Dans le cas de la figure 4-7, la distribution réelle de la population de consommateurs est une logistique de paramètre ($v_e = 5$, $\mu = 1$) où v_e signifie que 50% des consommateurs sont prêts à

²⁵¹ Dans ce cadre, le taux d'arrivée des clients peut également s'interpréter comme un taux d'arrivée de *groupes de clients dont la taille est fixe*

acheter à $P = v_e$ et où μ est un paramètre de dispersion des goûts dans la population de consommateurs. Elle apparaît dans le quart sud-ouest. Dans ce cas, la croyance du vendeur est également logistique, mais de paramètre ($v_e = 6$, $\mu = 1$) : il est « optimiste » ! Elle apparaît dans le quart sud-est et est révisée (de manière bayésienne) en temps réel. Dans le graphique continu dans le cadran nord ouest on peut voir le prix optimal pour un vendeur qui connaît la « bonne » distribution de probabilité (c'est la première droite à : $P = 40$). La seconde droite correspond à l'espérance de profit qui est associée. Les prix pratiqués par le vendeur apparaissent sur la courbe « en dents de scie » du haut (chaque pic correspond à un « essai » du vendeur) et la courbe du bas, légèrement au dessous de la droite d'espérance de profit, représente le profit moyen du vendeur en situation d'apprentissage optimal par expérimentation. Les indices de Gittins apparaissent dans le graphique nord-est. Après 230 itérations, on constate que le vendeur continue à expérimenter et que son gain moyen est relativement proche de l'espérance de gain maximale (quand il connaît la vraie distribution)

Figure 4-8 : apprentissage optimal par expérimentation (2)



Dans ce second cas de figure 4-8, la vraie fonction de demande est linéaire inverse, alors que la croyance du vendeur est logistique. Le prix optimal est ici à $P = 60$. Après une phase

d'exploration longue et assez intense, le vendeur semble se stabiliser sur le bon prix, bien qu'il ne connaisse toujours pas la « bonne » distribution de la demande. Cependant, on remarque que son estimation au voisinage du prix optimal est très bonne, et elle tendrait asymptotiquement vers la vraie valeur, s'il continuait à proposer ce prix infiniment souvent.

4.1.2. Qu'est-ce qu'un apprentissage collectif ?

Au niveau des *apprentissages collectifs*, des phénomènes de dépendance structurelle peuvent apparaître lorsque l'on prend en compte des interdépendances dans la formation des représentations, opinions ou préférences²⁵². L'étude de telles interactions, et de leurs conséquences sur les processus de marché apparaît comme domaine d'investigation en soi, qui justifie parfois que l'on néglige les phénomènes d'apprentissage individuels proprement dits (Dalle Foray, 1995).

Encadré 4-1 : intelligence collective

On trouve dans la nature de nombreux systèmes dont les éléments agissent de manière décentralisée, sans contrôle externe ni coordination centrale, et dont les capacités d'adaptation et les performances au niveau collectif dépassent largement ce dont les éléments individuels sont capables. C'est par exemple le cas des colonies d'insectes, fourmis, termites... (Bonabeau, Theraulaz, 1994 ; Bonabeau, Dorigo, Theraulaz, 1999) ou encore du système immunitaire (Varela, 1979). On considèrera que ces systèmes produisent une « *intelligence collective* » dans la mesure où *l'activité des éléments du collectif permet la réalisation d'un certain nombre de tâches génériques d'intérêt collectif, trop complexes pour être réalisées par un élément isolé*, et ce dans des environnements (raisonnablement) variés, ce qui peut être interprété comme une « *capacité d'adaptation collective* ». En d'autres termes, dans un tel système, on peut constater l'existence de capacités cognitives qui n'apparaissent qu'au niveau collectif. Comment de telles capacités peuvent-elles émerger sans dessein préalable de la composition de capacités individuelles plus limitées ? La notion d'auto-organisation cherche à répondre à cette question.

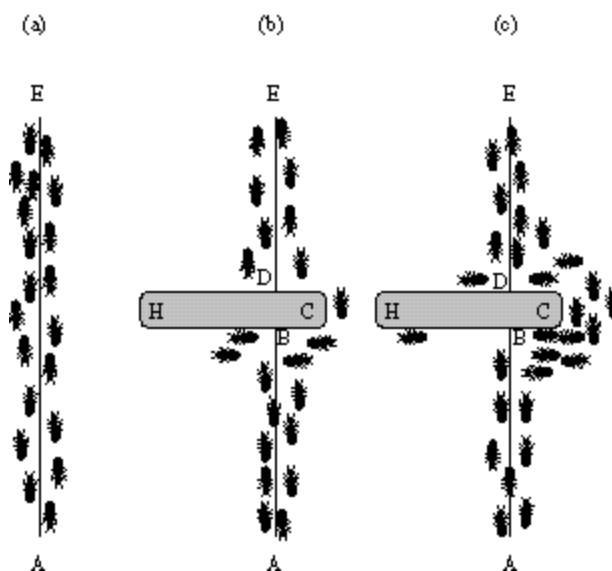
Les principaux modèles d'apprentissages collectifs que l'on trouve dans la littérature relèvent principalement de deux catégories : les modèles d'apprentissages stochastiques avec auto-renforcement global (A) et ceux avec auto-renforcement local (B). on va cependant préalablement

²⁵² Pour une introduction à cette littérature cf. par exemple Follmer (1974), Arthur, Lane (1993), Aoki (1996), Orléan (1995, 1996), Dalle (1997), ou encore Durlauf (1997), Brock, Durlauf (1999, 2000) ; Blume Durlauf (2001).

discuter rapidement d'un modèle d'optimisation décentralisée à population mobile, inspirée du comportement des insectes sociaux (Bonabeau, Theraulaz, 1994 ; Kirman, 1993). C'est le cas de la « *trajectoire optimale de la colonie de fourmis* ». Les fourmis trouvent la trajectoire la plus courte par une externalité auto-renforçante associée aux dépôts de phéromone. Sur la figure 4 - 9, on voit des fourmis qui se déplacent de leur fourmilière (A) vers une source d'alimentation (E). Si l'on place de manière asymétrique un obstacle sur leur parcours, (le segment HC), elles se répartiront vraisemblablement au hasard face à l'obstacle. Certaines iront à droite, d'autres à gauche. Selon le principe d'insuffisance de raison de Laplace, on peut supposer qu'elles le feront avec une probabilité $P_d = 1/2$ et $P_g = 1/2$. Les fourmis qui ont trouvé le plus court chemin, *sans l'avoir voulu expressément*, réaliseront le trajet plus rapidement. Comme en se déplaçant, les fourmis laissent une substance chimique le phéromone, qui attire leur congénère, et qu'il faut plus de temps pour prendre le chemin de gauche, il y aura rapidement plus de phéromone à droite qu'à gauche, et par auto-renforcement interactif, il y aura rapidement de plus en plus de fourmis qui prendront la trajectoire la plus courte (à droite), de telle manière que P_d se rapprochera de 1 et P_g de zéro. Dans ce cas, c'est bien les *interactions* qui ont contribué à découvrir la trajectoire optimale, et non une super fourmi calculatrice...

Figure 4 - 9

Optimisation interactive d'une trajectoire par une colonie de fourmis



A- les modèles d'apprentissages stochastiques avec auto-renforcement global.

Cette première classe de modèle est plus concernée par des processus de *sélection entre équilibres préexistants et connus des agents* que par l'émergence d'un « *ordre* » collectif (attracteur) *à priori inconnu par les agents*.

Les agents choisissent donc entre des alternatives connues, à partir de l'information disponible publiquement, comme les prix, ou le choix moyen de la population. Dans ce cadre, le Polymorphisme est souvent résiduel ou non-existant (états absorbants)

- *Processus stochastiques agrégés* : Master equation, Fokker Plank approximation, Field effect... (Weidlich & Haag, 1983, Topol, 1991, Aoki, 1996, Orléan, 1995b, 1996b).
- *Random pairwise matching in evolutionary games* (i.e. jeux de coordination avec ou sans mutations stochastiques) (Encadré 4-1)

Encadré 4-1 : sélection d'équilibre dans un jeu de coordination symétrique

La convergence d'une population vers un comportement unique peut être considéré comme un exemple d'*apprentissage collectif*. Dans le cas des *jeux évolutionnaires* (Maynard Smith, 1982) qui nous a intéressé pour *Moduleco*, si on considère un jeu avec plusieurs équilibres, *l'apprentissage collectif correspond à la sélection d'un équilibre* (Samuelson, 1997).

Un *jeu évolutionnaire* peut être décomposé selon deux étapes différentes. (1) Le *jeu interne* qui décrit les interactions entre « *joueurs* ». Selon l'interprétation standard, les *joueurs*, appariés au hasard, suivent des stratégies pré-déterminées. Dans les modèles biologiques, l'issue de la confrontation - le gain du jeu - détermine la *valeur sélective* des *joueurs*. (2) Le *jeu externe* décrit le *processus évolutionnaire* qui détermine la part relative des stratégies dans la population. Ce processus dépend directement de la valeur sélective que les individus ont retiré de leur confrontation dans le *jeu interne*. Il vérifie le *principe de sélection* : il contribue à faire augmenter la proportion de *meilleure réponse* dans la population.

En biologie, le processus évolutionnaire suit généralement une *dynamique de répliation* (Hofbauer, Sigmund, 1998) qui résulte de l'effet de la valeur sélective sur la reproduction. Dans le cas où il y a une proportion p_i de joueurs qui jouent une stratégie S_i , l'évolution de cette population suit alors l'équation différentielle :

$$(E1) \quad \frac{dp_i}{dt} = p_i \cdot (E(S_i) - \sum p_j E(S_j))$$

D'autres stratégies de révision peuvent être adoptées, comme on l'a vu avec l'exemple présenté en introduction, dans la mesure où le principe de sélection est vérifié.

Considérons le jeu symétrique suivant, proposé par Mailath (1993). Ce jeu a deux équilibres de Nash en stratégies pures (S_1, S_1) et (S_2, S_2). L'équilibre (S_2, S_2) est *Pareto-dominant*, mais *risque dominé* au sens de Harsanyi, Selten (1988)

J1 ; J2	S1	S2
S1	3 ; 3	4 ; 0
S2	0 ; 4	5 ; 5

Si l'on désigne par p la proportion de joueurs S1 dans la population et par $1-p$ la proportion de joueurs S2, L'équilibre en stratégie mixte $\sigma = (p, 1-p)$ est tel que $p^* = 1/4$

Ces inégalités définissent les zones de stabilité des stratégies considérées : On montre que des zones de stabilité peuvent être identifiées au moyen des relations suivantes :

- $E(S1) = U(S1, \sigma) \geq E(S2) = U(S2, \sigma)$ pour : $1 \geq p \geq 1/4$
(la stratégie S1 sera en moyenne supérieure à S2)
- $E(S2) = U(S2, \sigma) \geq E(S1) = U(S1, \sigma)$ pour : $1/4 \geq p \geq 0$
(la stratégie S2 sera en moyenne supérieure à S1)

Dans ce cas, la dynamique de réplication du jeu évolutionnaire peut s'écrire (avec $a = 4$) :

$$(E2) \quad \frac{dp}{dt} = a.p.(1-p).(p-p^*)$$

Sur le graphique 4E-1, ce cas, qui correspond à $m = 0$, dans le quart nord ouest. Il y a deux points fixes stables : $p_{inf} = 0$; et $p_{sup} = 1$; séparés par un point fixe instable, $p^*=1/4$. Le résultat du processus est entièrement déterminé par la position initiale de la population.

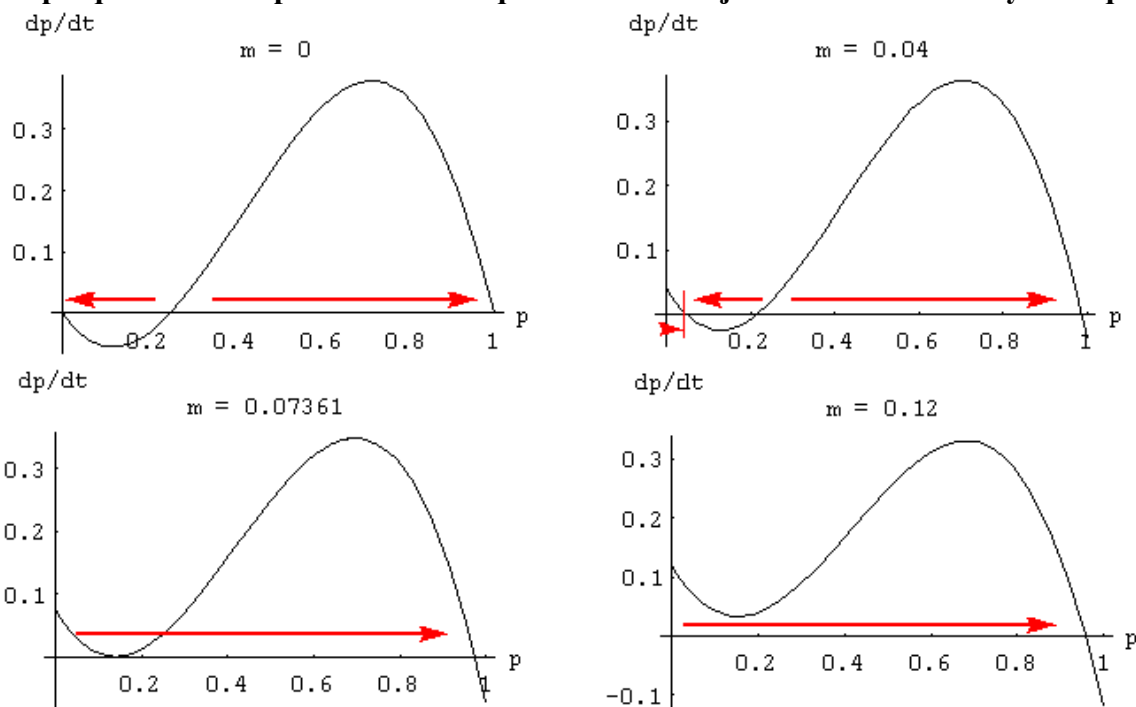
Que se passe-t-il si l'on introduit du bruit dans ce processus ? Cette question a été étudiée par Kandori, Mailath, Rob (1993) et Kandori, Rob (1995). Orléan (1996a) a proposé une formulation déterministe heuristique pour permettre de comprendre simplement cette question. Il introduit ainsi un taux de mutation déterministe exogène additif et l'équation de réplication devient :

$$(E3) \quad \frac{dp}{dt} = a.p.(1-p).(p-p^*) + m.(1-2.p)$$

Le graphique 4E-1 ci-dessus donne une idée de ce qui se passe. Pour $m > 0$, la taille du bassin d'attraction de p_{inf} diminue, et celui de p_{sup} augmente.

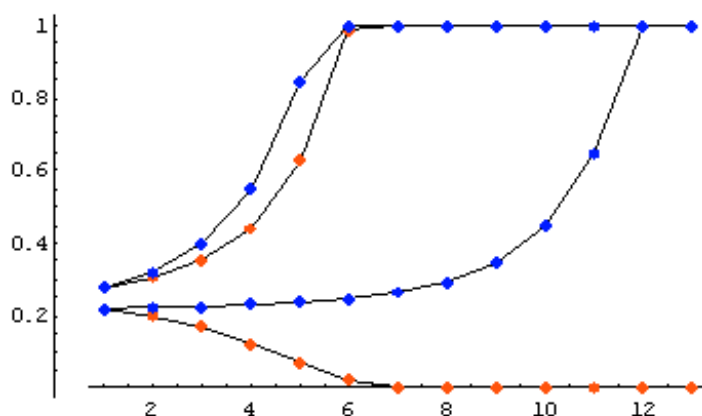
Au-delà du "point de catastrophe" : $m \neq 0,07361$, il y a « brisure de symétrie », les deux points fixes p^* et p_{inf} disparaissent, et seul l'équilibre Pareto dominé subsiste.

Graphique 4E-1 : dispartition d'un équilibre dans un jeu de coordination symétrique



Le graphique ci dessous, tiré de simulations montre qu'un phénomène similaire quand au résultat peut survenir lorsque l'on introduit des mutations aléatoires dans le processus de réplication. Si certaines mutations ont une ampleur trop importante ou si une succession de mutations voit ses effets se cumuler, une trajectoire qui se trouve dans la zone d'attaction de l'état Pareto-dominant peut diverger durablement et converger vers l'autre état. Le graphique 4E-2 ci-dessous présente une simulation avec mutations déterministes dans le cas où $m = 0$ (rouge) et $m = 0.04$ (bleu), pour $p_0 = 0,28$ et $p_0 = 0,22$. Les états $\{0, 1\}$ sont absorbants. Pour $m = 0.04$, avec $p_0 = 0,22$ on se trouve dans le bassin d'attaction de l'équilibre $p = 1$.

graphique 4E-2



Ces modèles sont en général caractérisés par des dynamiques à équilibres multiples ou avec apparition (et disparition) d'équilibres pour certaines valeurs d'un paramètre. Les régimes, bifurcation ou « catastrophes » correspondantes dépendent principalement de la nature de l'externalité, de la structure du processus de révision des croyances ou la nature du « bruit » qui caractérise le processus (i.e. volatilité)

- Modèles d'urne séquentiels ou « voter » : (Polya, 1931, Arthur, Ermoliev, Kaniovski, 1987 ; Arthur, 1989, 1994, Dosi, Kaniovski,) ; cascades informationnelles et chaînes mimétiques : (Bikhchandani, Hirshleifer, Welch, 1992)

Les résultats dépendent maintenant principalement de l'*histoire* du processus séquentiel (*path dependence*) : c'est un *processus historique* au sens de David.

B - Apprentissage sur un réseau avec externalité locale :

En plus du modèle de Schelling déjà présenté, on notera les contributions des sociologies sur les *champs markoviens* (Kindermann & Snell, 1980a, 1980b), sur les *réseaux aléatoires biaisés* (Fararo, Skvoretz, 1984, Skvoretz, 1985, 1990). On soulignera en particulier Fararo (1983) qui propose dans ce cadre une formalisation pour la thèse de *la force des liens faibles* proposée par Granovetter (1972, 2000).

Chez les économistes, il faut mentionner les travaux précurseurs de Föllmer (1974), qui fut le premier (et pendant longtemps le seul) à avoir utilisé explicitement les méthodes de la physique statistique pour formaliser les phénomènes d'interdépendance sociale localisée en économie. Ces méthodes ont connu un regain d'intérêt au début des années quatre-vingt-dix. Il s'agit en particulier des travaux de Durlauf (1993, 1994, 1996a), Bénabou (1993, 1996), Dalle (1997) et de contributions à la dimension spatiale la théorie des jeux (May, Nowak, 1992, 1993, Blume, 1993, 1995 ; Ellison, 1993 ; Kirchkamp, 1996, 1999, 2000 ; Solal, 1999), parmi d'autres. Nous ne présenterons pas ici une synthèse de ces modèles. Un tel travail a été réalisé par Durlauf (1997), Brock, Durlauff (1999, 2000), Blume, Durlauf (2001) Le principe de certains de ces modèles est exposé plus en détail dans la section 4.2 où l'on présente des modèles de diffusion sur les marchés portés sur Moduleco (§ 4.2.3.). Ces modèles avec externalité locale (Stochastique ou déterministe) ouvrent dans certains cas la possibilité d'un polymorphisme basé par exemple sur l'existence de « zones gelées » (*clusters*). Enfin, Dans une perspective un peu différente, certains auteurs ont utilisé des réseaux aléatoires, soit pour des modèles de percolation (§ 4.2.3.) soit pour formaliser des phénomènes de communication entre agent qui peuvent conduire à la formation de coalition, comme on va le voir.

4.1.3. Le rôle des structures d'interaction et de communication dans les dynamiques multi-agents.

A - Structures d'information et de communication

Comme on l'a vu précédemment, Kirman (1998) souligne l'importance de l'information disponible dans les processus de marché, et recommande d'étudier la structure communicationnelle de ces flux d'informations. Il a suggéré en particulier d'explorer des structures de communications stochastiques qui permettent la formation de coalitions entre les agents (Kirman, 1983 ; Kirman, Oddou, Weber, 1986). Cette direction initiale a été poursuivie par Ioannides (1990, 1997) et de Durlauf (1996b). Par ailleurs, Plouraboué, Steyer Zimmermann (1998) et Deroïan, Steyer Zimmermann (1999) étudient des réseaux relationnels où les structures relationnelles évoluent sous l'effet d'apprentissage, déformant la structure initiale pour faire apparaître des "leaders" caractérisés par l'importance relative de leur réseau relationnel par rapport au reste de la population²⁵³. En accord avec ces démarches, nous pensons également que la structuration d'un marché par ses canaux de communication permet de franchir une étape supplémentaire dans la compréhension du marché grâce à la formalisation (dynamique et spatiale) des interactions sur le marché considéré. Mais, à la différence des travaux cités, on se limitera ici à une comparaison des résultats de processus supportés par différentes structures de communication régulières et localisées (réseaux avec localisations « spatiales » limitées à un proche voisinage à définir) avec ceux obtenus avec une structure globale de référence où l'ensemble des agents ne dispose que d'une seule information agrégée, visible de tous (mais notre modèle peut très bien simuler des voisinages variables).

B - Le rôle de l'imitation dans les apprentissages collectifs.

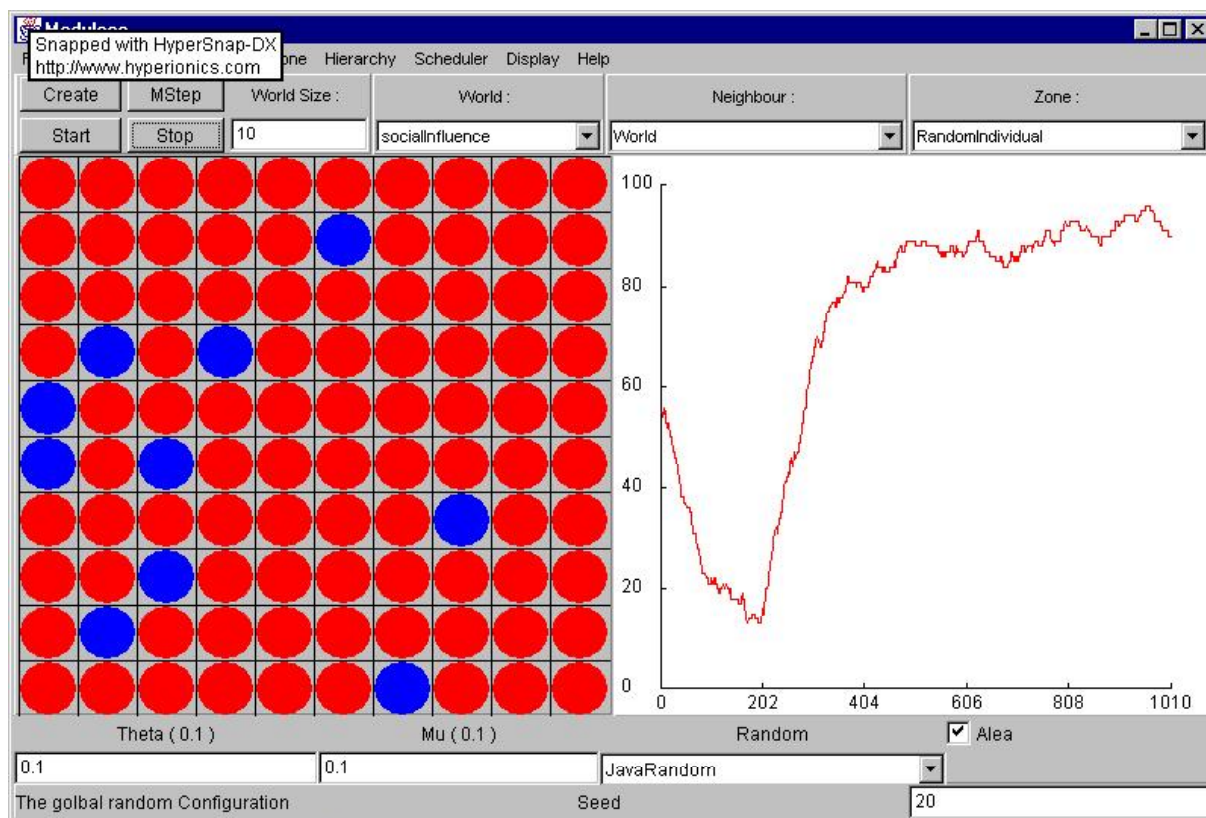
Nous avons porté sur Moduleco un modèle très simple d'Orléan (1996b) sur le rôle de l'influence sociale dans la formation d'opinion. Dans ce modèle, si les agents accordent une importance trop grande à l'opinion des autres, ils peuvent se retrouver collectivement piégés dans une situation où la majorité des agents se trouve dans une situation qui ne correspond pas à leur conviction personnelle.

²⁵³ Une adaptation de leur modèle avec des réseaux sociaux qui évoluent par apprentissage, a été portée sur Moduleco. Elle produit des résultats intéressants, comme la formation d'un sous groupe d'agent fortement connectés. Dans la mesure où ce modèle n'a pas encore été validé, nous avons choisi de ne pas le présenter ici.

Dans ce modèle, une population d'agents se trouve dans un « monde » qui peut se trouver dans deux états $\{0,1\}$. Chaque agent reçoit une information privée sur l'état du monde et une information publique : la moyenne du choix de ses « voisins » (sur un voisinage à définir). Lorsque ces deux informations sont contradictoires, l'agent « actif » se trouvera en situation de *dissonance cognitive* au sens de Festinger (1957) et doit arbitrer entre ces deux informations contradictoires. Dans ce cas, l'agent adopte le choix majoritaire de son *voisinage* avec une probabilité μ ²⁵⁴.

- si $\mu = 1$, l'agent est complètement mimétique
- si $\mu = 0$, l'agent ne tient compte que de son information privée

Figure 4-10 : influence sociale dans le modèle d'Orléan (1995)



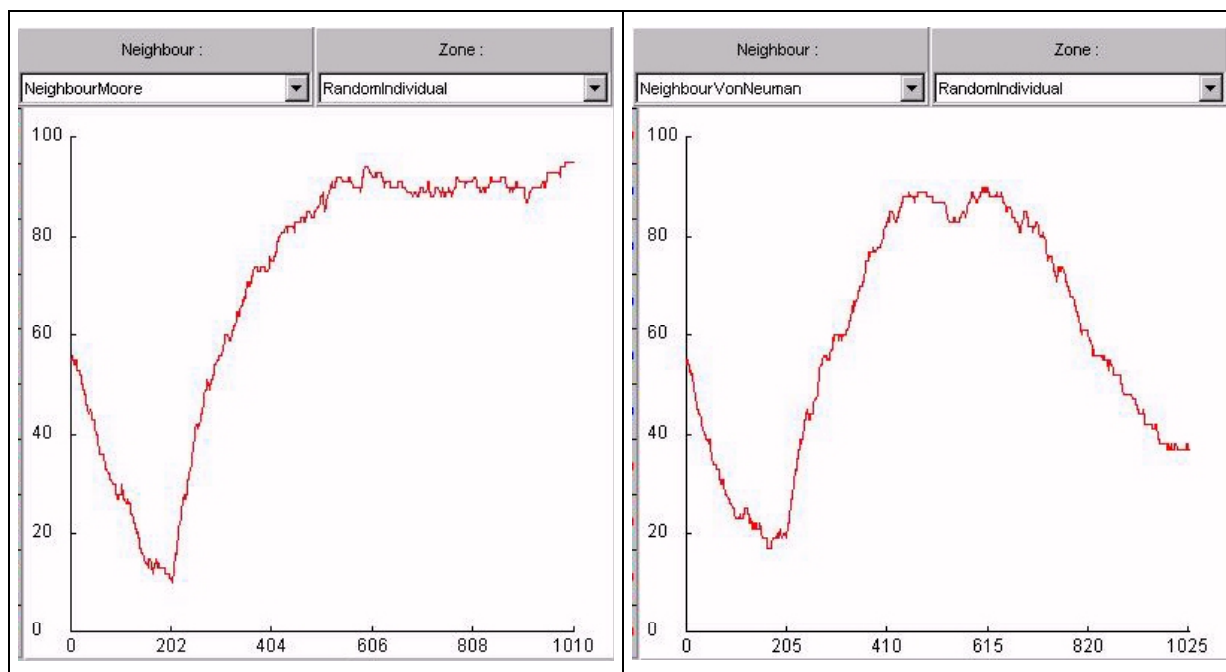
Le paramètre μ peut également être interprété comme la confiance des agents dans leur propre information (ou opinion) relativement à l'information publique. Le modèle d'Orléan, développé initialement dans un voisinage "global" est robuste à une localisation du

²⁵⁴ Sur la plate-forme Modulo, le sens de μ est inversé par rapport à Orléan (1996) chez qui la propension à imiter la majorité est : $(1-\mu)$. Une autre variante a été programmée dans laquelle les agents sont hétérogènes :

Sur la simulation reproduite figure 4-10, en $t_0 = 0$, 50% des agents croient que l'état du monde est $\{0\}$ (ce sont les points bleus) ; A chaque $t > 0$, un agent pris au hasard reçoit une information privée sur l'état du monde et peut réviser son opinion. Le paramètre θ donne la proportion de signaux privés cohérents avec un état du monde à $\{1\}$. Sur cette simulation, $\theta = 0.1$ pour $0 < t < 200$ et pour t supérieur à 600 (ce qui signifie que 90% des agents reçoivent une information selon laquelle l'état du monde est $\{0\}$). Entre 200 et 600, θ devient égal à : 0.9 (ce qui signifie que 90% des agents reçoivent une information selon laquelle l'état du monde est $\{1\}$).

Dans la simulation, $\mu = 0.1$ pour tous les agents jusqu'à $t = 600$; après cela, $\mu = 0.9$ pour tous les agents, qui deviennent fortement mimétiques. En conséquence, comme on peut l'observer sur la figure 4-10 l'opinion sociale est « verrouillée » sur l'état $\{1\}$, malgré le fait que 90% des agents reçoivent une information qui leur suggère que le bon état est bien $\{0\}$. Orléan (1996) montre que ce processus est ergodique et que la distribution invariante de long terme devient bimodale pour de fortes valeurs de μ (forte influence sociale)

Figure 4-11 : influence sociale locale dans le modèle d'Orléan (1995)

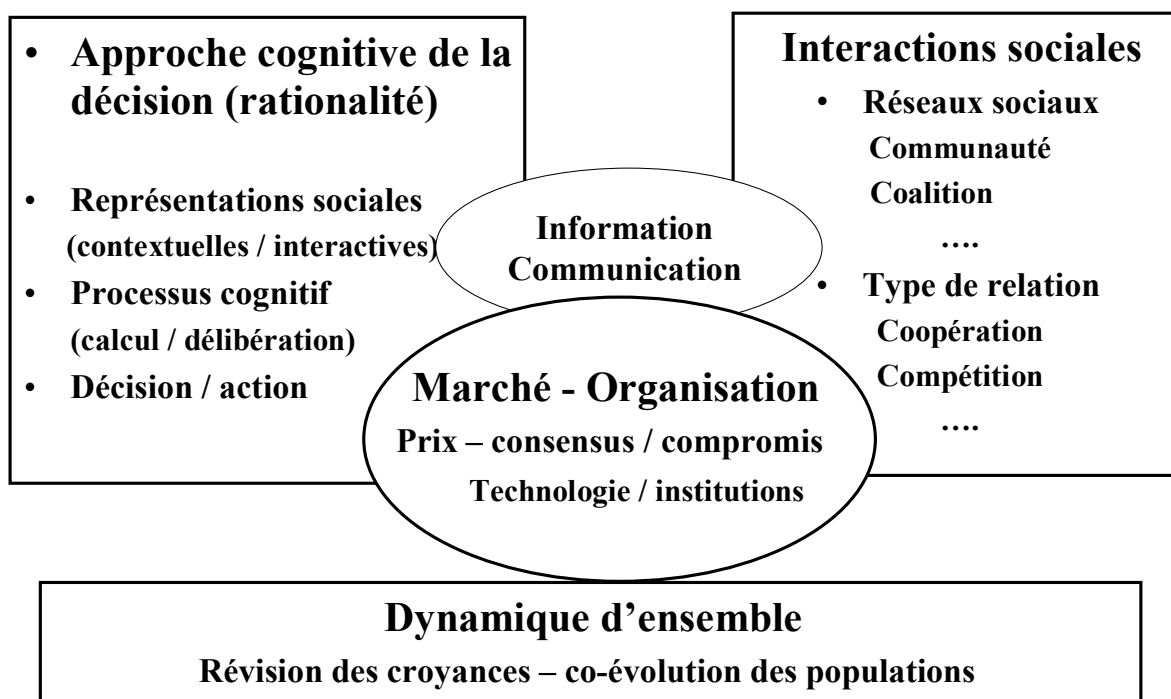


Un des intérêts de Moduleco est de pouvoir refaire la même simulation en changeant de voisinage. Les simulations ont donc été refaites avec 3 voisinages différents (cf. *supra*

leur comportement est fixé, mais ils sont par nature plus ou moins imitateurs : l'aléa vient alors du tirage initial des agents, non du tirage de μ .

4.2.1.) : le monde (voisinage *World* - c'est le modèle original d'Orléan) ; le voisinage de Moore (8 voisins) et un voisinage de Von Neuman (4 voisins). Dans tous les cas, la distribution initiale est la même, (même germe dans la procédure de génération pseudo aléatoire), mais il ne s'agit pas pour l'instant de la même séquence de tirage dans le temps²⁵⁵. Les résultats sont cependant assez similaires pour les interactions globales (*World*) et pour le voisinage de Moore. Dans le cas du voisinage de Von Neuman comme il n'y a que 4 voisins seulement, il semble plus aisé de sortir du verrouillage. On peut cependant observer la persistance de zones quasi-gelées comme dans le modèle de Schelling (sur cette question cf. Weisbuch, 1989 ; Kauffman, 1995).

Figure 4-12 : apprentissages individuels et collectifs autour du marché²⁵⁶



Pour conclure cette section, la figure 4-12 résume les possibilités de formalisation d'apprentissages individuels et collectifs dans *Moduleco*. Les agents peuvent avoir des représentations sociales contextualisées ou interactives, et vont fonder leurs décisions sur des calculs basés sur ces représentations. La dynamique individuelle sera alors celle de la révision des croyances, comme dans Leloup (2001) par exemple. Au niveau collectif, les agents échangent de l'information et interagissent dans des réseaux sociaux ; la logique dynamique est alors celle de la co-évolution des populations.

²⁵⁵ la programmation de cette possibilité est prévue, et elle sera bientôt disponible

²⁵⁶ Je remercie Benoit Leloup et Roger Waldeck pour leur contribution à l'élaboration de cette figure.

4.2. La dynamique des réseaux d'automates : principales notions et applications aux processus historiques

Avant d'étudier les dynamiques structurelles économiques et sociales sur Moduleco, il n'est pas inutile de chercher à maîtriser préalablement les principaux concepts de la dynamique que nous serons amenés à rencontrer dans des cas heuristiques très simples, tirés de la dynamique des populations. En pratique, un certain nombre de modèles proposés en économie procèdent juste à une transposition de modèles issus de la physique statistique (typiquement, en France tous les travaux de Jean Michel Dalle et de ses disciples Dalle 1997, Dalle, Jullien, 2000...) ou de la biologie des populations (par exemple les jeux évolutionnaires : Samuelson 1997), en proposant juste une interprétation économique des coefficients associés à la dynamique considérée. Il s'agit d'une première approche qui présente déjà en soi un intérêt (Dalle, Foray, 1995). Cependant il convient de garder à l'esprit que l'on évacue ainsi la principale difficulté : ce qui distingue l'homme des insectes sociaux, c'est sa capacité de *conceptualiser son environnement*. Par cet acte réflexif, l'homme peut ainsi *modifier individuellement* de manière *endogène son rapport à l'environnement* à chaque fois qu'il prend conscience que ce dernier a changé²⁵⁷. D'un point de vue générique, ce processus d'équilibration (adaptation des représentations humaines aux variations de l'environnement) se conceptualise très bien en adoptant le point de vue du structuralisme génétique à la Piaget, qui a précisément été conçu pour cela. Par contre, du point de vue informatique, la résolution dans les modèles multi-agents de ce problème de dynamique structurelle interne aux structures cognitives de l'agent pose problème (Gilbert, 1995). En *prospectif*, il s'agit d'ailleurs d'un des problèmes centraux de l'intelligence artificielle, nous ne prétendons donc pas le résoudre ici.

Si l'on se place à un niveau suffisamment élevé d'abstraction, les *principes dynamiques* applicables aux populations naturelles, physiques ou biologiques, devraient pouvoir généralement s'appliquer aussi aux populations humaines, sous les réserves qui viennent d'être soulignées : dans ces dernières, la *possible conceptualisation par l'agent des phénomènes émergents qu'il peut observer* peuvent venir altérer ses fonctions de réaction, et donc les *propriétés dynamiques* du modèle pourraient en conséquence être *modifiées*, même si *les principes* de la dynamique restent toujours *inchangés*.

²⁵⁷ Les travaux d'éthologie montrent que les animaux supérieurs possèdent également, dans une moindre mesure une telle capacité d'adaptation. Mais seul l'homme, avec la langue, possède la capacité de *conceptualiser* cette adaptation / restructuration

Dans cette section, les propriétés générales des réseaux d'automates qui sont utilisés pour illustrer les propriétés dynamiques qui nous intéressent sont d'abord brièvement présentées. Dans un second temps, on évoque le débat sur les *équilibres ponctués* dans l'évolution des espèces vivantes, afin d'en dégager les *caractéristiques génériques* propres à l'étude des *dynamiques historiques*. On présente pour terminer deux modèles métaphoriques très simples, adaptés d'après Weisbuch (1989) et Back, Sneppen (1993).

4.2.1. - Les réseaux d'automates : une première étape pour étudier la dynamique des « Sociétés artificielles »²⁵⁸

La première version de Moduleco a été conçue comme une plate-forme de simulation d'automates répartis sur un réseau fixe torique. Les interfaces graphiques portent encore des traces de cette version originelle.

Les réseaux d'automates (Weisbuch, 1989), sont les systèmes formels les plus simples pour étudier la dynamique des populations en interaction. Il s'agit d'une première étape qui correspond au programme « évolutionnaire » de l'économie cognitive Walliser (2000)²⁵⁹.

Les automates sont des systèmes informatiques définis par la donnée de trois ensembles (les entrées : I, les sorties : O, les états internes : S) et de deux applications séquentielles (une fonction de changement d'états : $S_t = f(S_{t-1}, I_t)$ et une fonction de sortie ; $O_t = g(I_t, S_t)$). Le nombre k d'entrées d'un automate est appelé « connectivité d'entrée ».

A - Les automates binaires

On désigne sous le nom d'*automates binaires élémentaires* un sous ensemble d'automates simplifiés à deux états possibles (par exemple 0 et 1) pour lesquels l'ensemble des états internes et l'ensemble des sorties sont confondues. On a donc : un ensemble d'entrées $I = \{0,1\}$; un ensemble des états/sorties $S = \{0,1\}$ et une fonction de changement d'état ; $f(i,s)$,

²⁵⁸ Cette présentation s'adresse principalement au lecteur qui ne connaîtrait pas les propriétés dynamiques des réseaux d'automates. Le lecteur « informé » peut sauter cette sous-section et aller directement à § 4.2.2

²⁵⁹ Les automates sont utilisés en théorie des jeux (par exemple Rubinstein, 1986 ; Abreu, Rubinstein, 1988 , Binmore, Samuelson, 1992), et les réseaux d'automates sont largement utilisés (même s'ils ne sont pas toujours nommés ainsi) dans les jeux évolutionnaires sur des réseaux (Ellison, 1993 ; Kirchkamp, 1996, 1999, 2000 ; Anderlini, Ianni, 1996 ; Samuelson, 1997 ; Solal, 1999)

qui donne l'état de l'automate $s \in S$, (et donc sa sortie) en $t+1$ en fonction de son état précédent et du vecteur d'entrée $i = (i_1, \dots, i_k)$ en t .

Les *automates booléens* sont un premier exemple d'automates binaires élémentaires. La fonction de changement d'état d'un automate booléen correspond à un opérateur logique (et, ou, non et, ou exclusif, etc...) qui est entièrement défini par les *tables de vérité* qui donnent l'état de sortie en fonction de la configuration des états d'entrée. Un automate booléen de connectivité k a donc 2^k configurations possibles d'entrée et deux états de sortie. Stuart Kaufman a beaucoup utilisé les réseaux d'automates booléens dans ses travaux (Kaufman, 1993, 1995a, 1995b ; Kaufman, Johsen, 1991)

K = 2	ET				OU			
Entrées	0,0	0,1	1,0	1,1	0,0	0,1	1,0	1,1
Sorties	0	0	0	1	0	1	1	1

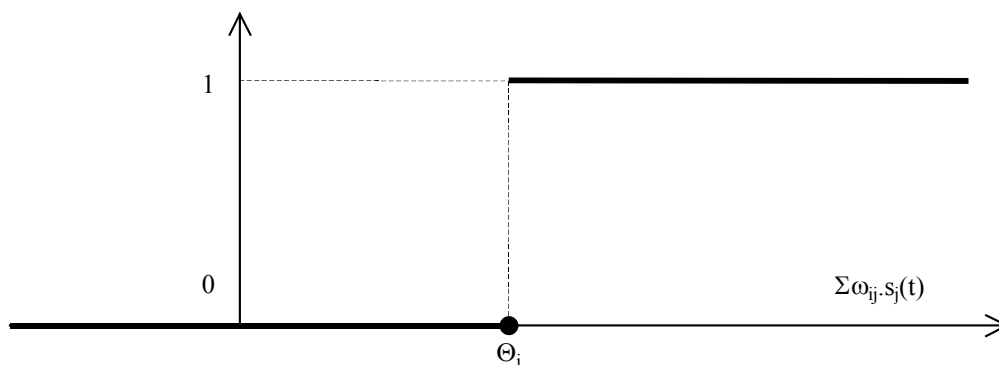
K = 3	ET							
Entrées	0,0,0	0,0,1	0,1,0	1,0,0	0,1,1	1,0,1	1,1,0	1,1,1
Sorties	0	0	0	0	0	0	0	1
	OU							
Entrées	0,0,0	0,0,1	0,1,0	1,0,0	0,1,1	1,0,1	1,1,0	1,1,1
Sorties	0	1	1	1	1	1	1	1

Les *automates à seuil* sont d'un type plus sophistiqué. On les utilise dans les réseaux de neurones formels. En économie, une variante de ces automates a été utilisée en particulier par Plouraboué, Steyer Zimmermann (1998) et Deroïan, Steyer, Zimmermann (1999), dans leur modèle de réseau social critique auto-organisé. Dans un automates à seuil, la fonction de changement d'état d'un automate à seuil est définie par :

$$s_i(t+1) = H \left[\sum_j \omega_{ij} \cdot s_j(t) - \Theta_i \right]$$

Où $H[.]$ est une *fonction de Heaviside*, égale à 1 si l'argument est positif, et nulle sinon. La somme comptabilise l'ensemble des interactions avec les automates connectables à l'entrée (tels que : $s_j(t) = i_j(t)$) en la pondérant par un coefficient ω_{ij} qui représente l'intensité des interactions entre l'automate j et l'automate i . Dès que la somme pondérée des interactions à l'entrée est supérieure au seuil Θ_i , l'automate i prend la valeur 1.

Graphique 4-6 : fonction de Heaviside



Remarque : il est toujours possible d'exprimer une fonction à seuil par une table de vérité, mais à l'inverse, tous les automates booléens ne peuvent pas toujours être mis sous la forme d'une fonction à seuil.

K = 3	$S_i(t+1)=H[0,2.i_1 + 0,2.i_2 + 0,6.i_3 - 0,4]$							
Entrées ($i_1.i_2.i_3$)	000	001	010	100	011	101	110	111
Sorties	0	1	0	0	1	1	0	1

B - Les réseaux d'automates

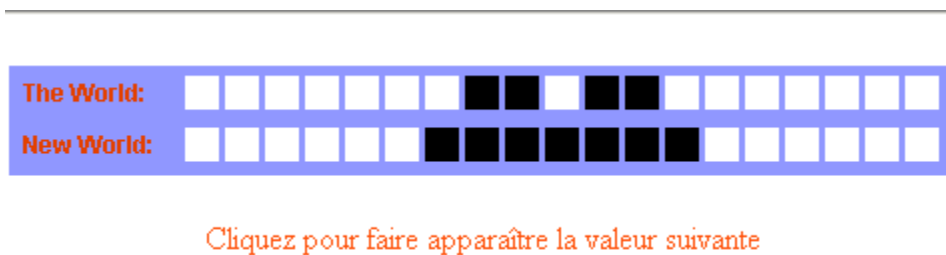
Lorsque l'on interconnecte plusieurs automates entre eux selon une *structure d'interaction* spécifique, on obtient un système dynamique qualifié de « *réseau d'automates* ». Le système peut également être interprété comme un graphe orienté $G(V,U)$ dont l'ensemble des sommets serait composé des automates (les « *nœuds* » du réseau) et l'ensemble des arêtes des connexions qui relient une sortie à une entrée. *L'état du réseau* est donné à chaque période par la liste des états de l'ensemble des automates qui le composent. Un réseau d'automate apparaît bien comme un exemple de « *système de transformation* » au sens de Delattre

(1977). Il peut donc être considéré jusqu'à un certain point comme une structure au sens de Piaget (1968)

Les deux grands types d'itérations génériques les plus simples sont les itérations parallèles et séquentielles. Dans un processus à *itérations parallèles*, tous les automates changent d'état de manière simultanée en fonction des états d'entrée de l'étape précédente²⁶⁰. Dans un processus à *itérations séquentielles* (en série), un seul automate change d'état à chaque étape. Un processus d'itérations séquentielles suppose donc la définition d'une suite ordonnée décrivant la succession des automates à modifier²⁶¹.

Dans le cas général, les automates peuvent être connectés entre eux de manière aléatoire, ou bien encore ils peuvent être tous interdépendants les uns des autres, on parle alors de *connectivité complète*. On commencera par l'étude des *automates cellulaires*, où les connexions concernent un nombre limité de « voisins » définis par une « structure d'interaction » spécifique sur un réseau de faible dimension (1,2 ou 3).

Figure 4-13 - Applet java simulant un réseau d'automates booléens de dimension un



source : David ECK, Cellular Automata and the Edge of Chaos <<http://math.hws.edu/xJava/index.html>>

Dans le cas d'un réseau d'automates cellulaires de dimension un, le réseau peut être représenté sous la forme d'une droite, ou d'un cercle (les conditions « aux bords » deviennent alors périodiques). La structure d'interaction la plus simple consiste alors à considérer les deux plus proches voisins. La structure d'interaction comprend alors deux ou parfois trois entrées (si on considère que l'automate interagit avec lui-même).

Dans le cas où $k = 2$, on a : $2^2 = 4$ configurations d'entrée possibles, et donc $2^4 = 16$ règles différentes possibles pour les changements d'état.

²⁶⁰ Ce type d'itération peut être mis en œuvre par l'option « *late commit scheduler* » de Moduleco

²⁶¹ Ce type d'itération peut être mis en œuvre par l'option « *early commit scheduler* » de Moduleco

On peut coder ces règles de 0 à 15 en classant les sorties selon leur valeur binaire. Dans le cas où $k=2$ il est intéressant de classer les configurations d'entrées selon leur valeur binaire, en plaçant les valeurs les plus faibles à gauche. On remarque alors que les règles sont symétriques. Les 8 dernières règles sont les complémentaires des huit premières et peuvent être obtenues en inversant les valeurs de sorties

Configuration d'entrée	0,0	0,1	1,0	1,1
Sortie (règle 0)	0	0	0	0
Sortie (règle 1) « ET »	0	0	0	1
Sortie (règle 2)	0	0	1	0
Sortie (règle 3) entrée de gauche	0	0	1	1
Sortie (règle 4)	0	1	0	0
Sortie (règle 5) entrée de droite	0	1	0	1
Sortie (règle 6) « OU » exclusif	0	1	1	0
Sortie (règle 7) « OU »	0	1	1	1

Configuration d'entrée	0,0	0,1	1,0	1,1
Sortie (règle 8) non « OU »	1	0	0	0
Sortie (règle 9) non « OU » exclusif	1	0	0	1
Sortie (règle 10) inverse(entrée de droite)	1	0	1	0
Sortie (règle 11)	1	0	1	1
Sortie (règle 12) inverse(entrée de gauche)	1	1	0	0
Sortie (règle 13)	1	1	0	1
Sortie (règle 14) non « ET »	1	1	1	0
Sortie (règle 15)	1	1	1	1

Pour $k = 3$, il y a $2^3 = 8$ configurations d'entrée possible et donc $2^8 = 256$ règles de transition différentes. Ces réseaux ont été étudiés de manière approfondie par Wolfram (1984). De même que précédemment, on peut coder ces règles de 0 à 255, en classant les configurations d'entrée et de sortie suivant leur valeur binaire. Le tableau suivant représente par exemple la règle 126 (1111110 en notation binaire)

Configuration d'entrée	1,1,1	1,1,0	1,0,1	1,0,0	0,1,1	0,1,0	0,0,1	0,0,0
Sorties (règle 90)	0	1	1	1	1	1	1	0

** Réseaux d'automates cellulaires de dimension deux*

Le premier réseau d'automates cellulaires a été construit directement en dimension deux par Von Neuman (1966) pour représenter la logique d'un processus d'auto-reproduction. Le monde artificiel de Von Neuman se présente sous la forme d'un réseau composé de mailles carrées ou les cellules peuvent prendre place à chaque intersection. On peut aussi concevoir d'autres formes de structures de réseaux, la seule contrainte étant de conserver à la fois une symétrie de translation et une symétrie de rotation autour des nœuds du réseau. Ainsi une symétrie de rotation d'ordre 3 donnera des figures triangulaires, une symétrie de rotation d'ordre 6 des alvéoles hexagonales etc...

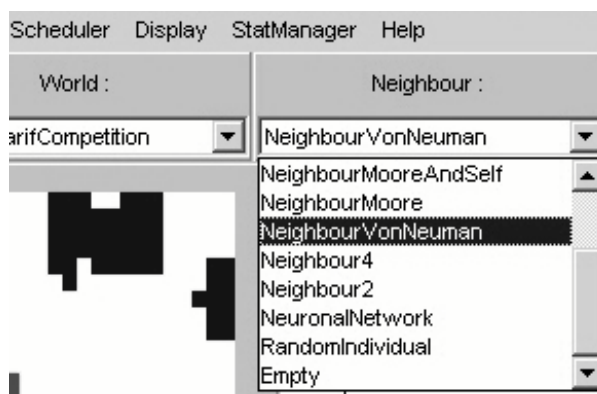
Dans les réseaux à maillage carré, ou treillis carré, les structures d'interaction les plus répandues sont (Tableau 4-1) :

Tableau 4-1 : quelques voisinages fixes dans un réseau d'automates de dimension deux

Voisinage de Von Neuman	Voisinage de Moore	Voisinage de Moore / Von Neuman
<pre> N O — X — E S </pre>	<pre> NO N NE \ / O — X — E / \ SE S SE </pre>	<pre> NN NO N NE \ / OO — O — X — E — EE / \ SE S SE SS </pre>

- le voisinage de Von Neuman, où chaque automate n'a que ses 4 voisins directs
- le voisinage de Moore où l'on inclut les voisins situés sur les diagonales (ce qui revient à construire une sous-structure d'interaction triangulaire)
- le voisinage élargi « Moore / VonNeuman » qui correspond à un voisinage de Moore auquel on ajoute les 4 voisins les plus proches des voisins de Von Neuman qui ne sont pas déjà inclus dans le voisinage de Moore. Ce voisinage revient à construire des sous-structures d'interaction établissant des liens directs avec tous les voisins séparés de l'automate par, au plus, un automate sur le treillis carré.

Figure 4-14 : sélection des voisinages dans *Moduleco*



* Réseaux « neuronaux »

J. Hopfield a proposé en 1982 un réseau d'automates à seuil où les entrées de l'automate peuvent être interprétées comme une idéalisation des synapses d'un neurone cérébral. Les coefficients ω_{ij} sont alors qualifiés de « poids synaptiques ». Lorsque le coefficient est positif, il représente une *connexion activatrice*, s'il est négatif il représente une *connexion inhibitrice*. Dans le modèle de Hopfield, la connectivité est complète à l'exception des termes diagonaux ω_{ii} qui sont nuls (certaines relations peuvent cependant être neutralisées en attribuant une valeur nulle au poids synaptique). Les relations entre automates sont *symétriques*, et donc les poids synaptiques sont égaux de part et d'autre d'une connexion (pour tout $i, j : \omega_{ij} = \omega_{ji}$). Le mode d'itération utilisé est séquentiel aléatoire : à chaque intervalle de temps, un seul automate, pris au hasard est mis à jour. On présentera plus loin un modèle de réseau social qui peut être interprété comme un réseau de neurones « à couches » (deux étages différents représentent deux étapes temporelles successives)

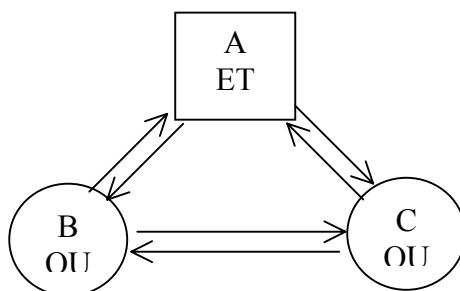
C - Propriétés dynamiques d'un réseau d'automates binaires élémentaires

L'ensemble des états d'un réseau de N automates binaires élémentaires comprend 2^N configurations possibles. On peut donc construire à partir des règles de transition et des états possibles un *tableau des successeurs* qui fait correspondre aux 2^N entrées données les 2^N sorties correspondantes, compte tenu des règles à appliquer. Lorsque N n'est pas trop grand, il est possible, à partir de ce tableau, de tracer un graphe orienté, le *graphe d'itération*, dont les nœuds sont les configurations du réseau, et dont les flèches indiquent le sens des transitions d'une période à l'autre.

Exemple 1 : les réseaux booléens NK

Considérons un réseau booléen simple à $N = 3$ automates, où les éléments B et C sont régis par la fonction OU et l'élément A par la fonction ET. Ce réseau ne comporte pas de bouclage d'un automate sur lui-même et a donc $K = 2$ entrées. Ces réseaux qui ont particulièrement été étudiés par Kauffman sont souvent désignés par l'appellation générique « NK », (ou N désigne le nombre d'automates et K le nombre d'entrées pour chaque automate.

Réseau NK = 32



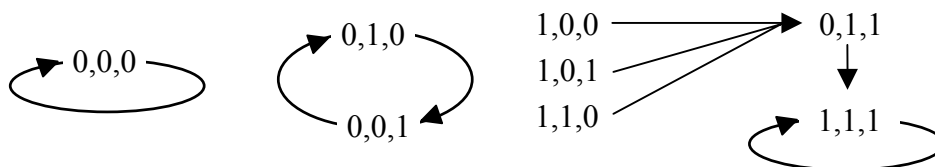
Etat initial des automates			Etat suivant des automates		
A	B	C	A	B	C
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	1
1	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

A partir du tableau ci-dessus, on peut tracer le graphe d'itération. Comme un réseau d'automate séquentiel est un système déterministe, si un réseau se retrouve dans un état qu'il a déjà atteint, la suite des états qui seront parcourus après ce second passage sera la même que celle qui a été parcourue après le premier : le réseau « boucle » ainsi sur lui-même et cette boucle est alors qualifiée « d'attracteur » du système dynamique représenté par le réseau. Le nombre d'itérations nécessaires pour se retrouver dans le même état est qualifié de *période* de l'attracteur. Lorsque la période est de longueur 1, c'est à dire lorsque le réseau reste indéfiniment dans la même position, l'attracteur est un *point fixe*. On parle de *cycle* dès que la période est supérieure à 1. Enfin l'ensemble des états du réseau qui conduisent à un attracteur donné forment *le bassin d'attraction* de l'attracteur.

Dans notre exemple la configuration $\langle 0,0,0 \rangle$ est un point fixe et les configurations $\langle 0,0,1 \rangle$ et $\langle 0,1,0 \rangle$ forment un cycle. Dans ces deux cas, point fixe et cycle coïncident avec le bassin

d'attraction correspondant. La configuration $\langle 1,1,1 \rangle$ est un point fixe et son bassin d'attraction comprend l'ensemble des autres états. Trois configurations n'ont pas de prédécesseurs on les nomme « jardins d'Eden » (Weisbuch, 1989)

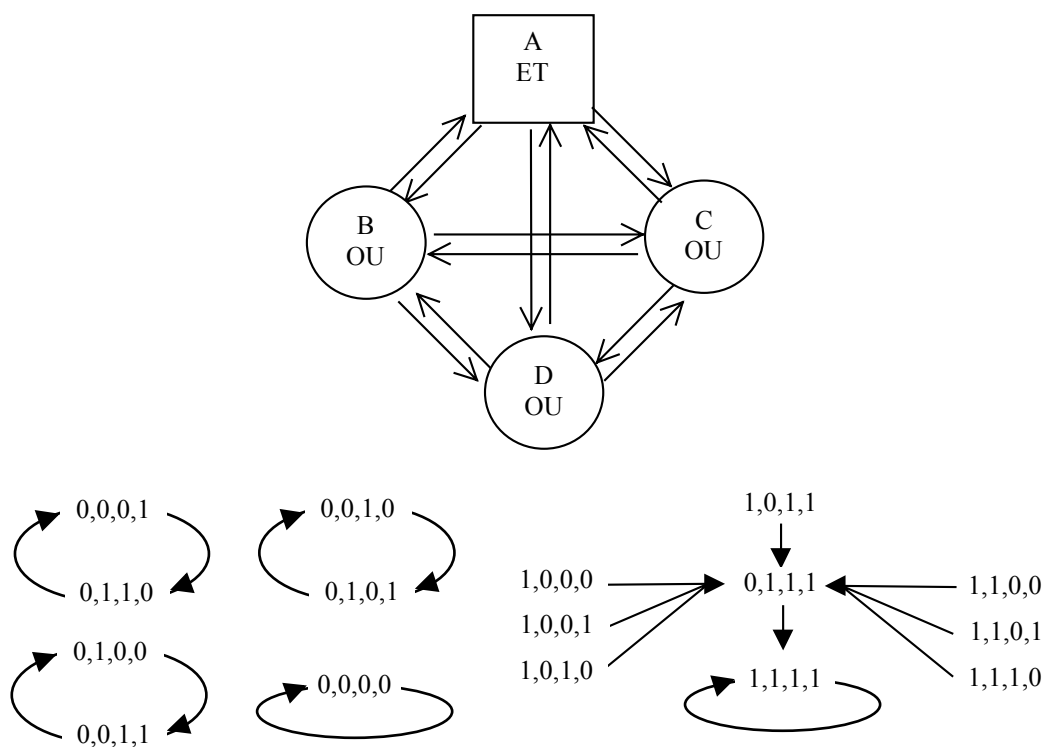
Graphe d'itération du réseau NK = 32



Si l'on considère maintenant un réseau NK= 43, avec une fonction « ET », et trois fonctions « OU », on fait apparaître une conservation de la typologie des attracteurs, avec l'apparition de deux cycles limites d'ordre 2 supplémentaires, et un élargissement du bassin d'attraction du point fixe associé à la condition ET ; : $\langle 1,1,1,1 \rangle$, qui passe de 3 à 8 éléments.

Quelque soit la configuration de départ, les réseaux NK évoluent vers un attracteur, fixe ou périodique et y restent en l'absence de perturbations.

réseau NK = 43 et son graphe d'itération



Perturbations, complexité et chaos.

Pour étudier la stabilité d'un attracteur, on peut introduire des perturbations. On distingue généralement deux types de perturbations : les *perturbations d'état* et les perturbations structurales. Lorsqu'un seul élément change d'état, la perturbation est minimale. Une telle perturbation peut parfois suffire à faire changer le réseau de bassin d'attraction et donc à modifier sa dynamique. Il peut arriver qu'une telle modification suffise pour entraîner une chaîne de perturbations qui se propage dans le réseau comme une *avalanche*. L'état considéré est alors qualifié de « critique ». On parle de *perturbation structurale* lorsque l'on modifie de manière permanente pour un automate au moins une ou plusieurs connexions ou la fonction de changement d'état. L'ensemble des propriétés dynamiques du réseau peut se trouver changée de manière radicale.

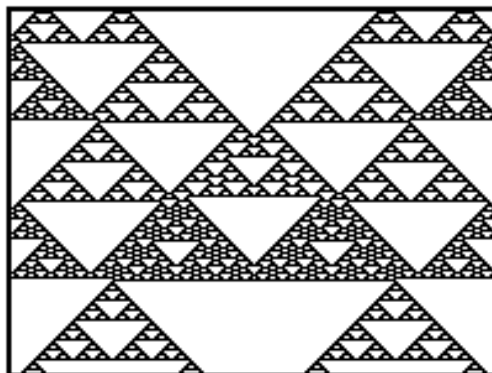
Dans les systèmes où $N = K$, le nombre d'entrées de chaque automate est égal au nombre total d'automates du réseau : chaque automate boucle donc sur lui-même. Les propriétés de ces systèmes ont été étudiées par Kauffman. Ils sont très simples, mais *le désordre y est maximal et les dynamiques chaotiques*. En effet la période des cycles croît exponentiellement, et leur ordre de grandeur moyenne est proche de la racine carrée du nombre d'états distincts. Par exemple pour $N = K = 10$ on a déjà 2^{10} états possibles et donc des cycles d'une longueur moyenne de $2^5 = 32$ périodes.

En résumé, les propriétés du système dynamique que constitue un réseau d'automates sont entièrement définies par la donnée du mode d'itération, des caractéristiques individuelles des automates et de la structure d'interaction entre ses éléments. Il est possible d'identifier des *attracteurs* de ce système, auxquels peuvent être associés des *bassins d'attraction*, et d'en étudier les propriétés (point fixe, cycle ...) ainsi que la sensibilité aux perturbations d'état comme aux perturbations structurales (modifications de la structure d'interaction).

Wolfram (1984), qui a étudié la dynamique des réseaux d'automates en dimension un a mis à jour quatre configurations dynamiques. Nous en avons déjà vu trois : point fixe, cycle, chaos. La quatrième configuration produit des résultats très surprenants. Il s'agit de formes organisées et complexes, comme celles que l'on peut voire apparaître sur la figure 4-15, qui superpose les configurations que l'on obtient en empilant les itérations successives d'un même réseau de dimension un. Dans l'applet ci-dessous, on attribue la couleur noire à un automate booléen dans l'état « vrai » et une couleur blanche à celui qui est dans l'état

« faux ». On voit que cette représentation d'une succession d'itération du même réseau fait apparaître une dentelle complexe formée de triangles de Sierpinsky²⁶².

Figure 4-15 : complexité émergente : triangles de Sierpinsky dans le réseau d'automates de Wolfram



Cette trouvaille surprenante est elle une simple curiosité mathématique ou rend-elle compte d'une classe de phénomènes réels plus significative ? Si Wolfram a soigneusement inventorié les créations liées aux dynamiques du quatrième type, il n'a pas qualifié ces dernières. Mais le fondateur du concept de « vie artificielle », Christopher Langton et les chercheurs du Santa Fe Institute ont baptisé cette zone « *frontière du chaos* ». dans l'ordre des dynamiques, Langton (1991) a en effet montré que l'on peut identifier un paramètre dans les réseaux d'automates dont la variation conduit du point fixe au désordre du chaos en passant par le cycle puis par la « *frontière du chaos* »²⁶³. A cette occasion, Christopher Langton a introduit une analogie entre les dynamiques du réseau et les phases de la matière (on prendra l'exemple de l'eau). Le point fixe (et d'une certaine manière le cycle) qui caractérise un réseau complètement ordonné, figé, correspond à l'état solide. Le chaos à l'état gazeux. La « *frontière du chaos* » correspondrait à l'état liquide, producteur d'ordres évolutifs²⁶⁴. Si l'on pousse un peu plus loin l'analogie, dans l'écosystème terrestre, l'eau est liquide à la surface du globe, tout en étant à l'état gazeux dans l'atmosphère et à l'état solide à la proximité des

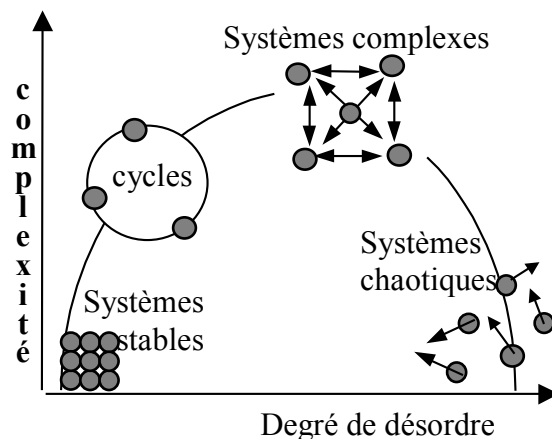
²⁶² Le triangle de Sierpinsky est une famille de figures fractales que l'on construit aisément en insérant récursivement des triangles (équilatéraux) les uns dans les autres. On joint à l'intérieur d'un triangle le milieu de ses trois côtés et on le décompose ainsi en quatre triangles, etc...

²⁶³ Le lecteur familier avec la théorie du chaos fera sans doute un rapprochement avec le coefficient de Lyapounof, dont la valeur sert à évaluer le degré de divergences de trajectoires initialement proches.

²⁶⁴ Comme le remarque Kauffman (1995b), l'analogie n'est pas complètement satisfaisante dans la mesure où l'état liquide est lui même une phase.

pôles. Notre écosystème se trouve donc dans un état global métastable, sans arrêt perturbé *aux frontières* par des transitions de phase d'un état vers l'autre.

Figure 4-16 : dynamique des systèmes et complexité



Certains chercheurs²⁶⁵, comme Stuart Kauffman (1993, 1995a, 1995b) émettent alors la conjecture suivante : les phénomènes évolutifs du vivant se dérouleraient « à la frontière du chaos » (selon le titre de l'ouvrage d'Heudin, 1998). Dans ce qui suit, nous n'aborderons pas les problèmes sous cet angle un peu métaphysique, et nous nous limiterons à tenter d'identifier dans quelle mesure notre connaissance de certains phénomènes économiques peut être enrichie par ces résultats.

4.2.2. Exploration de la dynamique des populations avec des réseaux d'automates : équilibres ponctués et co-évolution d'espèces à la frontière du chaos.

Les deux modèles qui sont présentés ici sont hautement abstraits et relèvent donc de la métaphore. En pratique, les auteurs ont choisi la configuration la plus simple possible susceptible de produire le résultat souhaité²⁶⁶. En conséquence, bien que les mécanismes dynamiques sous-jacents soient très riches, en particulier au niveau sémantique, le lecteur devrait pouvoir comprendre rapidement la nature des enjeux que nous voulons mettre en évidence pour les dynamiques historiques.

En introduisant notre problématique, nous avons présenté deux approches pour nous complémentaires de l'économie historique, l'approche par les *régimes*, et l'approche par les

²⁶⁵ Cf. Packard (1988), Langton, (1991) ; sur le climat intellectuel qui entoure ce débat, on peut consulter Lewin (1994) et Waldrop (1993). Pour un point de vue critique mais non défavorable, cf. Bak (1996)

processus historiques. Pour que l'approche par les régimes fasse sens, il est nécessaire qu'une *spécificité historique* puisse bien être identifiée pour caractériser une *période* ou une « *époque* » particulière du mouvement historique d'ensemble. Nous avons vu que les régulationnistes, parmi d'autres, ont proposé une typologie de régimes de croissance différenciés au niveau des « *faits stylisés* » (Kaldor, 1961) et que le passage d'un régime à l'autre pouvait se traduire par une « *grande crise* ». La même approche peut par ailleurs être répliquée à un niveau moins agrégé, avec les paradigmes technologiques, que ceux ci caractérisent la diffusion d'un ensemble de produit (Abernathy, Utterback, 1978), ou plus largement, un système socio-technique dans son ensemble (comme notre *paradigme numérique*). Une première réflexion exploratoire sur l'articulation des méthodes a été proposée dans la dernière section du chapitre un.

Pour que la vision du monde qui correspond à ces essais de théorisation en terme de régularités / rupture ait un sens, il est nécessaire que les mouvements économiques et sociaux sous-jacents soient eux-mêmes caractérisés par des mouvements susceptibles d'être représentés de cette manière. Ce simple constat pose déjà problème, puisque les représentations économiques les plus répandues privilégient les modèles stables de la dynamique économique sur les modèles instables²⁶⁷ et l'idée de croissance graduelle sur l'idée de crise²⁶⁸.

A - Le problème et les principes dynamiques en question.

Les développements de la théorie darwinienne de l'évolution ont longtemps supposé que l'activité évolutionnaire agissait de manière *graduelle* sur l'évolution des espèces. En s'appuyant sur les tendances de la paléo-biologie, Gould et Eldredge (1977) ; Eldredge (1982) ont soutenu que l'évolution procédait par *phases intermittentes d'activité intense* (explosion de la diversité au Cambrien, extinctions de masse²⁶⁹ etc...), séparées par de longues périodes de

²⁶⁶ les physiciens parlent de « jouets » (*toys*) pour désigner ce type de modèles

²⁶⁷ cf. par exemple, les débats sur l'instabilité de la croissance entre les modèles post keynésiens et néoclassiques (cf. Abraham-Frois (1974) ; Rosier (1975) ; Jacot (1976) ; Kaldor (1987))

²⁶⁸ Les auteurs de travaux sur les théories des crises sont le plus souvent hétérodoxes : cf. par exemple Mattick, (1974), Boyer (1979), Rosier (1988) pour un inventaire.

²⁶⁹ Sur les évolutions catastrophiques, cf. Leakey, Lewin (1995), cf. également Newman, Palmer (1999) pour un *survey* sur les modèles d'extinction.

"stases" (ou « équilibres ponctués »²⁷⁰) caractérisées par un niveau plus faible d'activité évolutionnaire. Ces propositions, qui allaient à l'encontre de la lecture alors dominante des darwinistes « *gradualistes* » ont suscité de nombreux débats qui ne relèvent pas de notre investigation. Par contre, la question de savoir si des processus dynamiques peuvent engendrer des évolutions stables entrecoupées par des crises nous intéresse. C'est de ce seul point de vue que la question se pose ici.

Les deux modèles qui sont proposés ici sont doublement intéressants de notre point de vue. D'abord, ils formalisent un problème de génétique des populations qui a été (et reste) fortement débattu chez les biologistes et les paléontologues et correspond assez bien au débat qui oppose les économistes autour de l'étude des crises. Ensuite, bien que le sujet concerne les sciences de la nature, il s'agit clairement d'un problème qui relève d'une « *perspective historique* ». En effet, les faits se sont passés de manière unique dans l'histoire et la trajectoire suivie n'est ni entièrement connue, ni reproductible.

Il est certes possible d'expérimenter en laboratoire pour simuler par exemple les conditions d'émergence de cellules vivantes dans la « *soupe primordiale* » (ce qui a été fait dans les années cinquante). *Mais si ces résultats montrent qu'il est possible que cela se soit passé de cette manière, cela ne nous apporte aucune information sur la manière dont cela s'est réellement passé.* Et on peut douter qu'il soit un jour possible de le savoir. Nous reviendrons sur cette question. Le problème est moins difficile pour les trajectoires de l'évolution, puisqu'il nous reste de nombreuses traces. Mais l'ampleur des controverses qui portent sur ces questions en révèle la difficulté.

En ce qui nous concerne, les deux modèles présentés ici ne nous apportent aucune information sur ce qui a pu réellement se passer dans l'histoire de la vie des espèces sur terre, mais *ils nous montrent par simulation que les dynamiques considérées sont formellement réalisables par des mécanismes d'interactions très simples.* Il est même possible pour les configurations les plus simples de ces modèles d'en proposer des solutions analytiques « exactes » (selon le jargon des physiciens).

En résumé, nous avons simulé avec des moyens informatiques des modèles (très) métaphoriques de phénomènes qui relèvent de la génétique des populations, *afin d'étudier les*

²⁷⁰ Equilibre ponctué : les espèces évoluent de manière épisodique, avec des pointes intermittentes d'activité évolutionnaire intense, séparées par de longues périodes de « *stase* » caractérisées par un niveau plus faible

propriétés génériques de la dynamique sous-jacente indépendamment des contingences spécifiques à l'histoire effective de l'évolution de la vie. Ces deux modèles, proposent ainsi des représentations très stylisées de co-évolution d'espèces²⁷¹ au sein d'un écosystème et qui exhibent des processus évolutifs caractérisés par des équilibres ponctués. Ces modèles formalisés par des réseaux d'automates. (Weisbuch, 1989)

Le premier modèle, proposé par Weisbuch (1989) repose sur une distinction en trois niveaux : les gènes (génotype), les individus (le phénotype), et la population. Malgré sa simplicité, ce modèle peut être considéré comme plus « réaliste » que le suivant, où chaque espèce est figurée par un point sur un cercle, et où la *co-évolution* se limite à la déclaration d'une dépendance entre ce point et ses deux voisins.

Le second modèle a été développé par Bak et Sneppen (1993). Il repose sur des hypothèses très simplificatrices, mais possède la propriété de conduire à des « états critiques auto-organisés », propriété dynamique très importante²⁷².

B - Un modèle de coévolution d'espèces avec équilibres ponctués²⁷³

Le modèle décrit l'évolution au cours du temps d'une population formée initialement d'un organisme très simple. Celui-ci possède un génome unique²⁷⁴, formé de gènes et de liaisons entre les gènes. Le génome détermine le phénotype de l'organisme (l'ensemble de ses propriétés physico-chimiques et de ses fonctions biologiques). Du point de vue de la

d'activité évolutionnisme (graduelle).

²⁷¹ Co-évolution d'espèces : L'évolution d'une espèce affecte l'évolution des espèces avec lesquelles elle interagit, par exemple par des relations de type chaîne alimentaire, prédateurs-proies, symbiose, parasitisme etc...(Wright)

²⁷² Criticalité auto-organisée : C'est un attracteur d'un système dynamique qui est (globalement) métastable tout en étant *localement instable*. L'exemple paradigmatique est le « tas de sable ». Quand on ajoute des grains à un tas de sable, celui-ci tend vers un *état critique*, où la pente reste proche de la pente critique, au dessus de ce niveau (*état "surcritique"*) des avalanches se déclenchent pour ramener la pente dans un état proche de l'état critique. Lorsque les avalanches sont rares, l'état est dit "*sous-critique*". *Il n'est pas possible de prédire la taille et le moment où vont survenir des avalanches*, car celles-ci dépendent de l'histoire du processus, *mais leur distribution suit une loi régulière* (une loi puissance) - Bak (1996)

²⁷³ adapté d'après Weisbuch (1989)

²⁷⁴ Le génome est le message génétique contenu dans l'ADN des chromosomes

dynamique historique, ce qui nous intéresse ici, c'est d'étudier l'évolution des caractéristiques génétiques d'une population pour mettre en évidence les *propriétés génériques* (indépendantes du problème de génétique qui est exposé ici) de la dynamique considérée. Plus spécifiquement, nous chercherons à *identifier des conditions génériques d'apparition d'équilibres ponctuels* (qui correspondent à nos *régimes*) et de *disparition de ces équilibres* (qui correspondent pour nous à des *crises / transition* entre régimes). On discutera en conclusion du degré de généralité des résultats, qui conditionne les possibilité de transposition vers les sciences économiques et sociales d'un tel schéma dynamique.

Dans le domaine biologique, tous les gènes contenus dans un génome ne sont pas actifs. Il existe des mécanismes qui permettent l'activation ou l'inactivation d'un gène (activation par des protéines de contrôle ou par d'autres gènes). Il est donc tentant de modéliser le génome par un réseau d'automates booléens en interactions. Chaque gène est alors représenté par un automate booléen dont l'état binaire traduit l'activation. L'action des protéines de contrôle sur ce gène est représentée par une fonction booléenne, dont les entrées représentent les connexions avec les gènes qui codent les protéines qui contrôlent l'activation.

Dans le modèle simplifié présenté par Weisbuch (1989), tous les organismes possibles dans l'écosystèmes sont construits à partir d'un génome qui comprend N gènes où chaque gène a deux états (activé ou non) et peut apparaître sous 4 formes différentes. Il y a alors 4^N configurations possibles pour le génome.

Nous retiendrons $N = 6$ gènes automates et des fonctions booléennes qui peuvent prendre quatre formes différentes, correspondant à 4 opérateurs booléen de base (ET, OU, NON-ET, NON-OU). Il y a donc $4^6 = 4096$ configurations possibles.

On code ces opérateurs booléens sur deux positions binaires dans l'ordre suivant :

Fonction	NON-ET	OU	ET	NON-OU
Décimal	0	1	2	3
Binaire	00	01	10	11

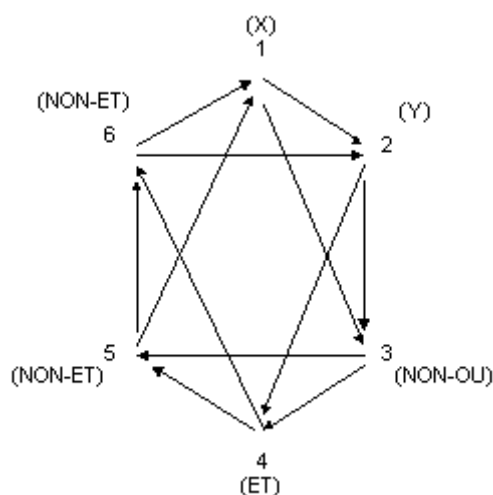
On impose que les mutations ne puissent changer qu'une seule fonction à la fois dans l'ordre suivant (qui correspond à l'addition d'une unité binaire modulo 4), :

Fonction	ET	↔	NON-OU	↔	NON-ET	↔	OU	↔	ET
décimal	2		3		0		1		2

Binaire	10	11	00	01	10
---------	----	----	----	----	----

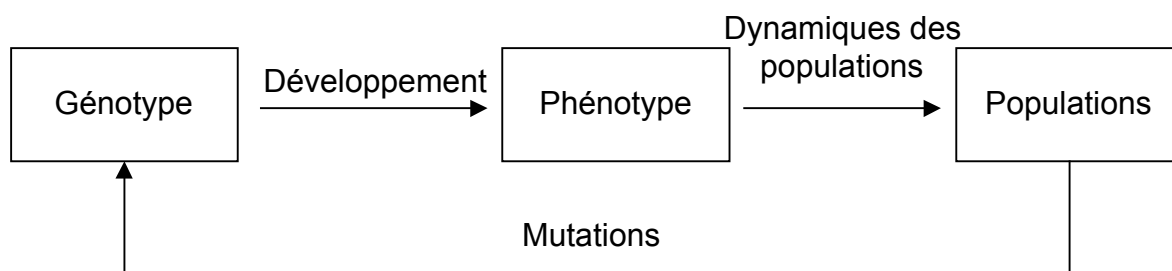
Le Graphe des interactions correspond à un espace à 6 dimensions. Pour simplifier l'exposé, nous allons fixer 4 dimensions (NON-ET) (NON-ET) (ET) (NON-OU) et *travailler dans un sous-espace de deux dimensions* où les fonctions booléennes seront identifiées par X et Y (0023YX). Comme chaque automate est connecté à $K = 2$ autres, il s'agit d'un réseau de Kauffman de type NK : 62).

Figure 4-17 : réseau booléen NK = 62



La vitalité (*fitness*) du phénotype d'un organisme est mesurée par *le cycle de plus grande longueur* qui caractérise la dynamique du réseau formé par les 6 automates. Le modèle décrit l'évolution des populations de génomes soumis à mutation marginale par génération selon processus dynamique à trois niveaux (Génotype, phénotype et populations) :

Figure 4-18 : processus évolutif à trois niveaux



Si l'on représente le sous-espace à deux dimensions des configurations possibles lorsque l'on ne peut faire varier que les gènes X et Y, on peut représenter les trajectoires d'évolution sur un paysage adaptatif (*fitness landscape*) périodique comprenant 16 espèces de génomes,

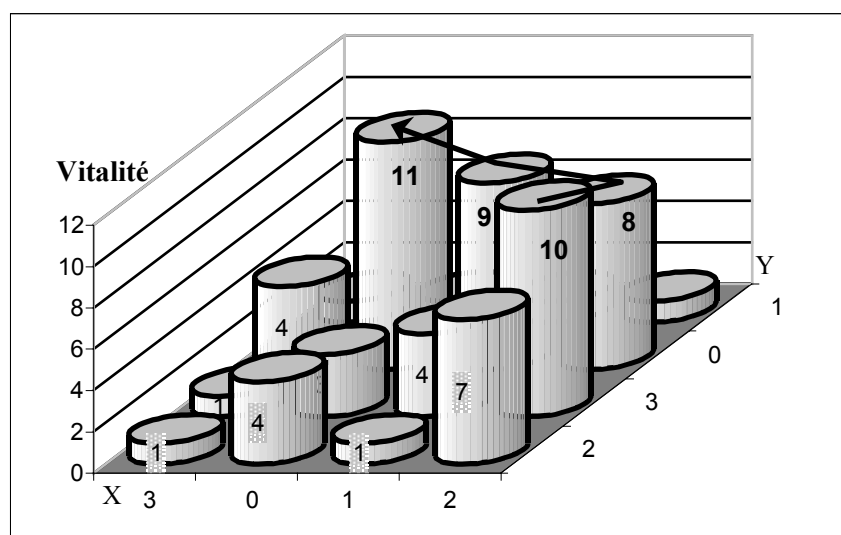
disposées sur la surface d'un tore. Pour une espèce donnée, les mutations possibles correspondent au voisinage de Von Neuman sur le réseau décrivant ce paysage adaptatif

Tableau 4-2 : valeurs de vitalité des génomes dans le sous espace X-Y

Y \ X	NON-OU 3	NON-ET 0	OU 1	ET 2
ET 2	1	4	1	7
NON-OU 3	1	3	4	10
NON-ET 0	4	11	9	8
OU 1	1	1	1	1

On a porté dans chaque case du tableau 4-1 la valeur du cycle de plus longue période correspondant à chaque génome, qui représente sa vitalité. les génomes ont pour coordonnées 0023YX. Le Graphique 4-7 représente le « paysage adaptatif » correspondant. La hauteur de chaque colonne représente la vitalité du génome correspondant.

Graphique 4-7 : le paysage adaptatif (périodique) des génomes dans le sous espace X-Y



Les valeurs adaptatives peuvent être "déroulées" dans un vecteur T de dimension 16 :

$$T = (1, 4, 1, 7, 1, 3, 4, 10, 4, 11, 9, 8, 1, 1, 1, 1)$$

On part d'une population constituée d'une espèce dont la valeur adaptative est : $A_{24} = T_8 = 10$. Les mutations possibles conduisent vers les 4 espèces voisines dans le voisinage de Von Neuman, $V = \{v_1, \dots, v_4\}$: $A_{14} = T_4 = 7$; $A_{21} = T_5 = 1$; $A_{23} = T_7 = 4$; $A_{34} = T_{12} = 8$; On se pose les questions suivantes :

1. A quelles conditions la population de vitalité 10 se trouve-t-elle dans un équilibre ponctué (un régime stable) où elle ne risque pas d'être envahie par une population concurrente ?
2. A quelle condition la population peut-elle évoluer vers l'état de vitalité supérieure de valeur $A_{32} = T_{10} = 11$, ce qui suppose un passage par le « col » du paysage adaptatif $A_{34} = T_{12} = 8$ et $A_{33} = T_{11} = 9$?

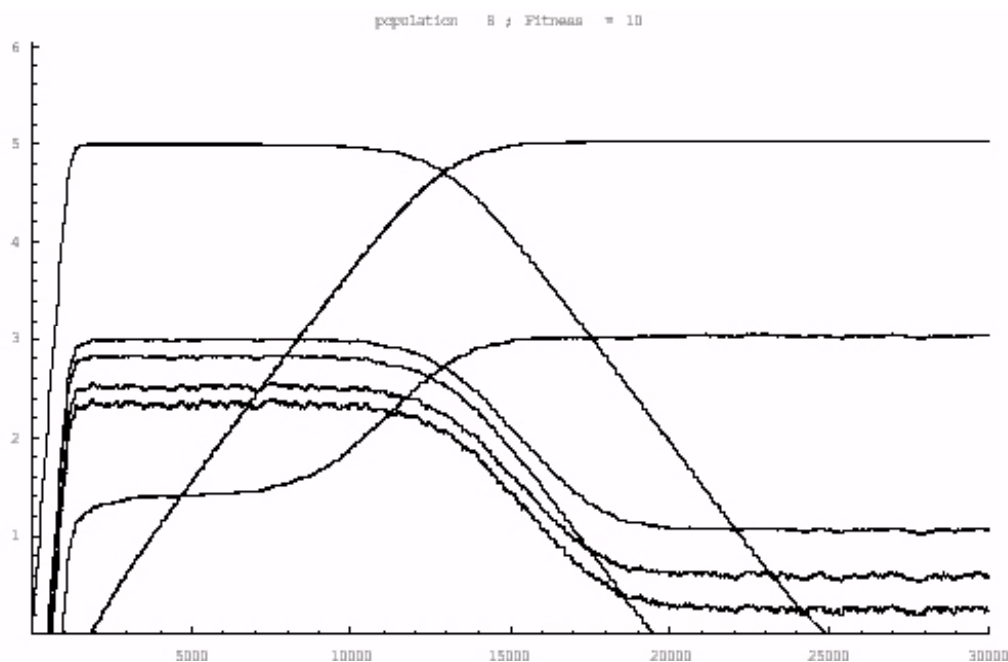
Dans le modèle de base de Weisbuch, le processus évolutionnaire ne se déroule pas sur un réseau²⁷⁵. L'évolution dans le temps de chaque espèce est retracée par une équation aux différences finies qui fait correspondre la taille de la population d'un organisme en t à la taille de la population de tous les organismes existant en $t-1$ en fonction de sa vitalité

$$P_i(t+1) = (1 + a \cdot T_i) \cdot P_i(t) - b \cdot \sum_{j=1}^{16} P_j(t) P_i(t) + (m + v(t)) \cdot \sum_V P_V(t)$$

Dans cette relation de récurrence, $P_i(t)$ représente la taille de la population i au temps t . Le premier terme $a \cdot T_i$ représente la vitalité intrinsèque de la population i . Il est obtenu en faisant le produit du coefficient de vitalité $T_i = A_{XY}(i)$ par un facteur d'échelle a . Ce coefficient donne la variation nette de la population (solde des naissances sur les décès corrigé des mutations vers les génomes voisins). Le second terme rend compte des interactions avec les autres espèces, qui peuvent provenir par exemple du partage d'une ressource entre tous les organismes. Le troisième terme est une somme qui rend compte de l'accroissement de population dû aux effets des mutations dans les organismes de génome voisins ($V = \{v_1, \dots, v_4\}$)

²⁷⁵ Xavier Espiaux a développé sur la plate-forme multi-agents « *Oris* » de l'Ecole Nationale d'Ingénieur de Brest (ENIB) une version réseau du modèle de Weisbuch, sous notre direction, conjointement avec Fabrice Harrouet, (Maître de Conférence à l'ENIB). Pour l'instant, seul le module de calcul de la longueur des cycles a été porté en java. En attendant le portage complet sur Moduleco, les simulations présentées ici ont été réalisées sur Mathematica.

Graphique 4-8 : $a = 10^{-3}$; $b = 10^{-7}$; $m = 2.10^{-5}$; $v(t) \sim \text{Uniforme}[-1, 1]. 2.10^{-5}$



Ordonnées en coordonnées Log_{10}

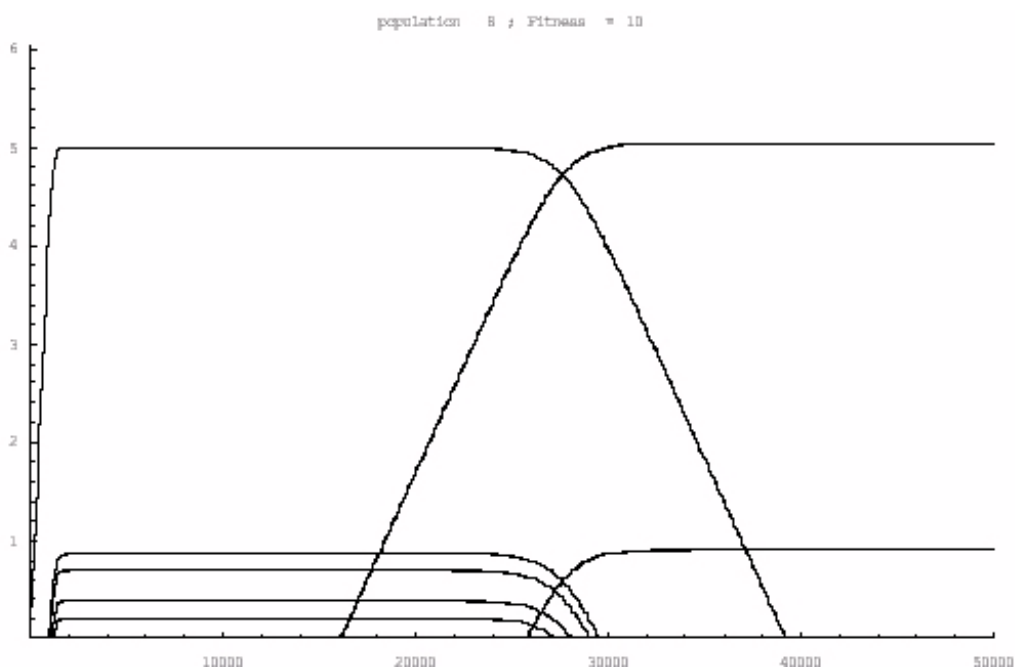
On peut voir sur le graphique 4-8 que l'espèce 8 croît rapidement jusqu'à saturation vers $t=1000$; pendant la période de stase (jusqu'en : $t = 12500$), les espèces voisines (de vitalité : 4, 5, 7, 12) se maintiennent à un niveau de population plus de cent fois plus faible, du fait des mutations. Les mutants de vitalité $T_{11} = 9$ apparaissent peu après et croissent rapidement jusqu'à un palier de très faible valeur numérique. Ce palier est cependant suffisant pour permettre l'apparition puis la croissance soutenue d'une espèce de vitalité plus élevée, $T_{10} = 11$. Cette espèce intermédiaire assure donc le *passage du « col »* entre les espèces $T_8 = 10$ et $T_{10} = 11$ par la trajectoire de plus forte vitalité. Au-delà de $t = 12500$, l'espèce de vitalité « 8 » commence à décroître, et disparaît pour $t > 25\ 000$, pour laisser la place à l'espèce 8, dont la vitalité est plus élevée.

Comme ce modèle reste relativement simple, on peut calculer formellement certains résultats (Weisbuch, 1989). Comme notre propos consiste juste à introduire le lecteur aux notions utilisées dans cette littérature, ces résultats ne sont pas reproduits ici. La transposition de ce modèle sur réseau avec des mutations localisées dans l'espace devrait ouvrir des possibilités supplémentaires, comme la formation de « niches écologiques²⁷⁶ ». Ce type d'amélioration est

²⁷⁶ Les résultats obtenus pour l'instant sur la plate-forme multi-agents Oris de l'ENIB montrent globalement le même type de résultat que le modèle présenté ici, mais ne permettent pas d'étudier les effets de niche, car les

relativement important pour l'économie spatiale (Vicente, 2000). Du point de vue de la dynamique évolutive, les *niches écologiques* permettent à une population plus fragile de survivre plus facilement car elle est en contact avec des populations concurrentes uniquement *sur la frontière* de son territoire. Les résultats sont également sensibles à la densité de la population sur le territoire disponible. En effet, l'existence de zones non peuplées diminue encore les zones de confrontation entre espèces.

**Graphique 4-9 : Modèle avec perturbations aléatoires plus faibles :
périodes de stases plus longues, et transition plus rapide ;
avec : $a = 10^{-3}$; $b = 10^{-7}$; $m = 2 \cdot 10^{-7}$; $v(t) \sim \text{Uniforme}[-1, 1] \cdot 2 \cdot 10^{-7}$**



Dans ce modèle, qui reste très schématique, en particulier au niveau des hypothèses stochastiques, l'apparition d'un équilibre ponctué est très sensible à la valeur relative des paramètres a , b et m , ainsi que du terme aléatoire $v(t)$. Dans le cas général, l'équilibre de cette dynamique sera indéfiniment stable pour le génome dominant. Ce résultat peut s'interpréter de deux manières. Soit l'occurrence d'une crise et d'un changement de régime (ici le remplacement d'une espèce par une autre) est très faible, soit le modèle est incomplètement spécifié. Bak (1996) adresse une critique de ce type à un modèle similaire sur lequel il a travaillé avec Kauffman. Si l'on veut que l'occurrence d'une crise soit plus probable, il est

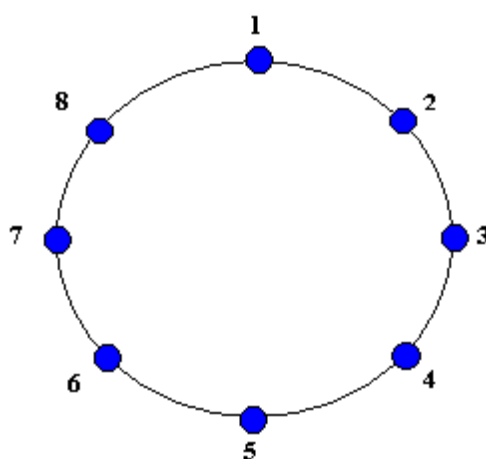
interactions ont été spécifiées globalement et non localement. Cette limitation sera levée dans un portage prochainement prévu de ce modèle vers Moduleco.

nécessaire de rendre endogène la valeur de certains coefficients, c'est à dire d'insérer le modèle dans un méta-modèle plus large. Par soucis de clarté, en suivant Back, Sneppen (1993) nous chercherons plutôt à montrer comment une dynamique ponctuée peut caractériser l'attracteur d'un modèle de co-évolution.

*C - Coévolution d'espèces, états critiques auto-organisés, et équilibres ponctués*²⁷⁷

Bak (1996) raconte comment il a conçu ce second modèle avec Kim Sneppen pour répondre à la question que nous venons de poser, sur laquelle il avait déjà travaillé sans succès avec Stuart Kauffman. Dans le modèle de Back, Sneppen (1993), l'éco-système est représenté par un réseau de dimension un avec n sites et des conditions périodiques aux limites (un cercle). Chaque site du réseau représente *une espèce* dont la vitalité (*fitness*) est donné par le tirage d'un nombre pseudo-aléatoire, que l'on prendra dans une loi uniforme. Cette vitalité représente la barrière évolutionnaire que doit franchir l'espèce pour évoluer. Cette barrière est liée à la quantité de matériel génétique qui doit être modifiée par une espèce pour muter. Plus grande est cette barrière, plus stable seront les espèces et le processus d'évolution. Dans ce modèle, le processus évolutionnaire se manifeste par mutation et sélection naturelle de l'espèce de la moins viable.

Figure 4-19 : Les espèces en interactions



{ $a_1 = 0.360514$; $a_2 = 0.944796$; $a_3 = 0.554513$; $a_4 = 0.621091$;
 $a_5 = 0.558931$; $a_6 = 0.335864$; $a_7 = 0.948748$; $a_8 = 0.97336$ }

²⁷⁷ adapté d'après Bak, Kim Sneppen (1993)

La co-évolution représente l'hypothèse cruciale du modèle : pour une période donnée, l'évolution de l'espèce de la moins viable vers un nouveau niveau de vitalité affecte également les espèces avec lesquelles elle interagit, quelles que soient leur niveau de vitalité. Pratiquement, le processus évolutif est représenté par la recherche du site de plus faible valeur de vitalité par le tirage d'une nouvelle valeur pseudo-aléatoire pour ce site et ses deux voisins.

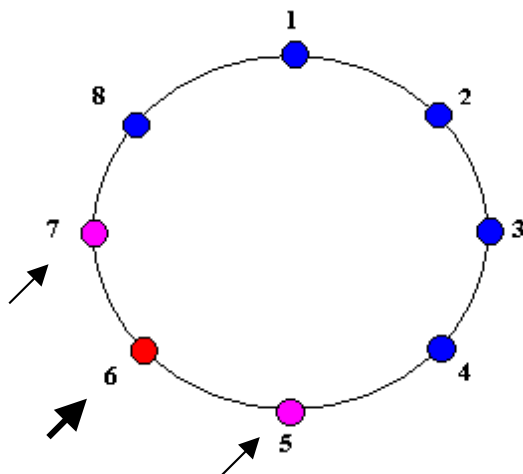
** La procédure :*

(Etape 1) - Initialisation (figure 4-19) on crée un *réseau uni-dimensionnel périodique (cercle) de longueur n*, sur lequel la vitalité de chaque site du réseau (a_i , avec i pris dans $[1, \dots, n]$) est donnée par le tirage d'un nombre pseudo-aléatoire dans une loi uniforme sur $[0,1]$.

(Etape 2) - On détermine *la localisation du site avec la plus faible valeur de vitalité* sur le réseau.

(Etape 3) - On enregistre la localisation du site plus faible vitalité dans une *liste historique*. On remplace la valeur de vitalité de ce site et de ses deux voisins immédiats par un nouveau nombre pseudo-aléatoire.

Figure 4-20 : processus sélectif

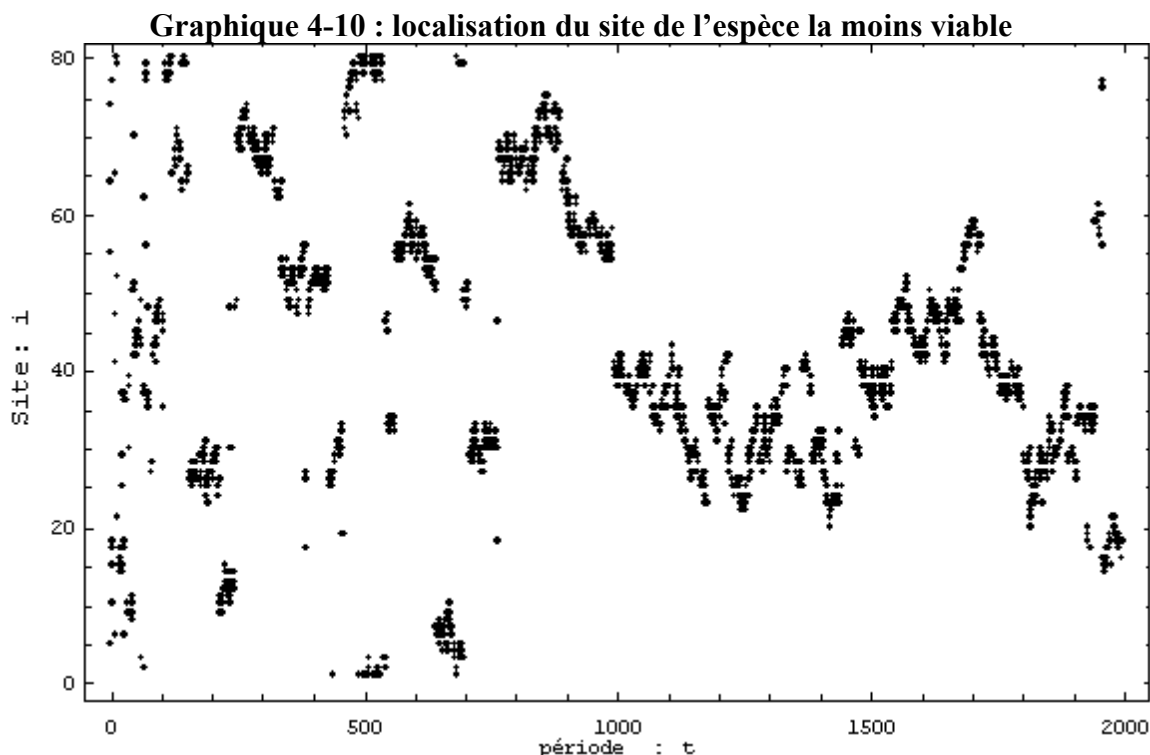


Dans notre exemple, $a_6 = 0.335864$ est le point de plus faible vitalité ; on crée une liste historique avec $h_1 = 0.335864$. On retire la valeur de vitalité du site 6 et de ses deux voisins. Ainsi, *de fortes valeurs de vitalité peuvent être remises en cause par la faible valeur d'un site voisin* (ici $a_7 = 0.948748$ sera remplacé par une valeur plus faible avec une probabilité $p = 0.948748$!)

(Etape 4) - On répète les étapes 2 et 3, un nombre de période t , fixé par l'expérimentateur.

En pratique, on prend des valeurs de n beaucoup plus grandes que 8. L'exemple suivant porte sur une population de taille $n=80$. L'exposé va s'appuyer sur les graphiques.

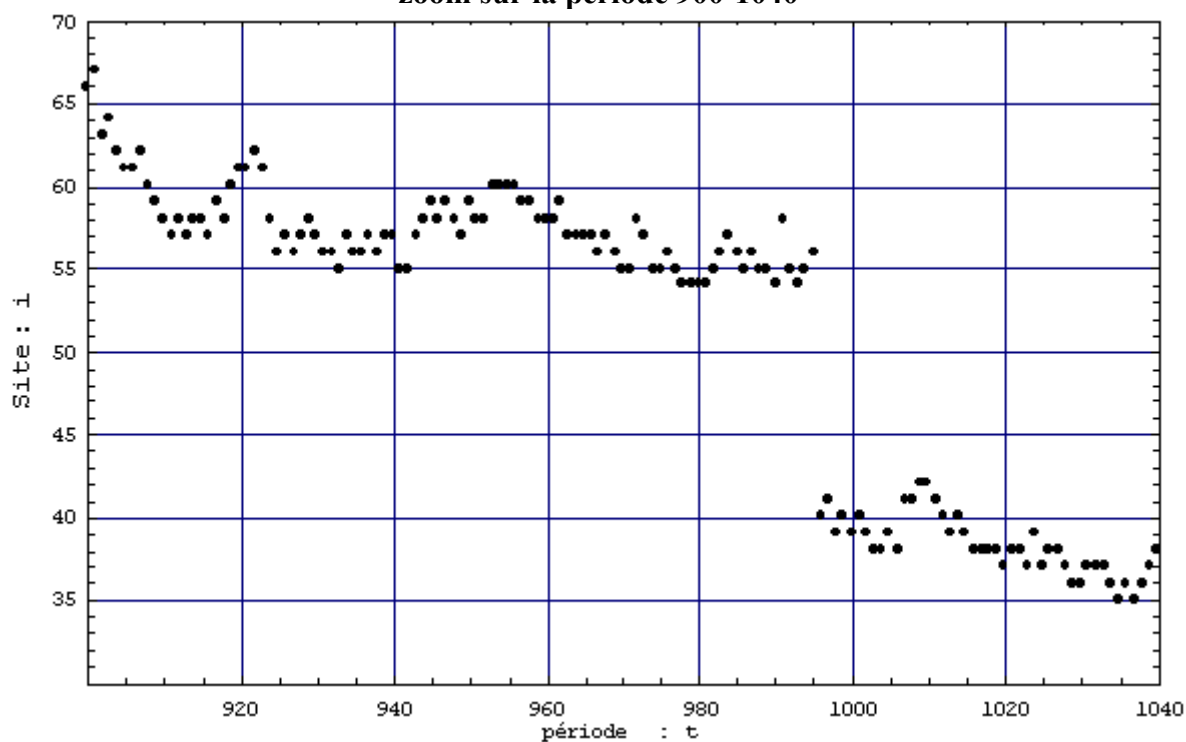
Sur le Graphique 4-10, les 80 sites figurent en ordonnée et les 2000 périodes en abscisse. Les zones de mutations distribuées aléatoirement au voisinage de $t=0$ se répartissent rapidement sur certaines zones, où elles provoquent des mutations en séries, alors que les autres sites se trouvent en situation de stase (ou « équilibre ponctué »). périodiquement la « zone d'avalanches » où se situent les mutations en séries se déplace (Graphique 4-11)



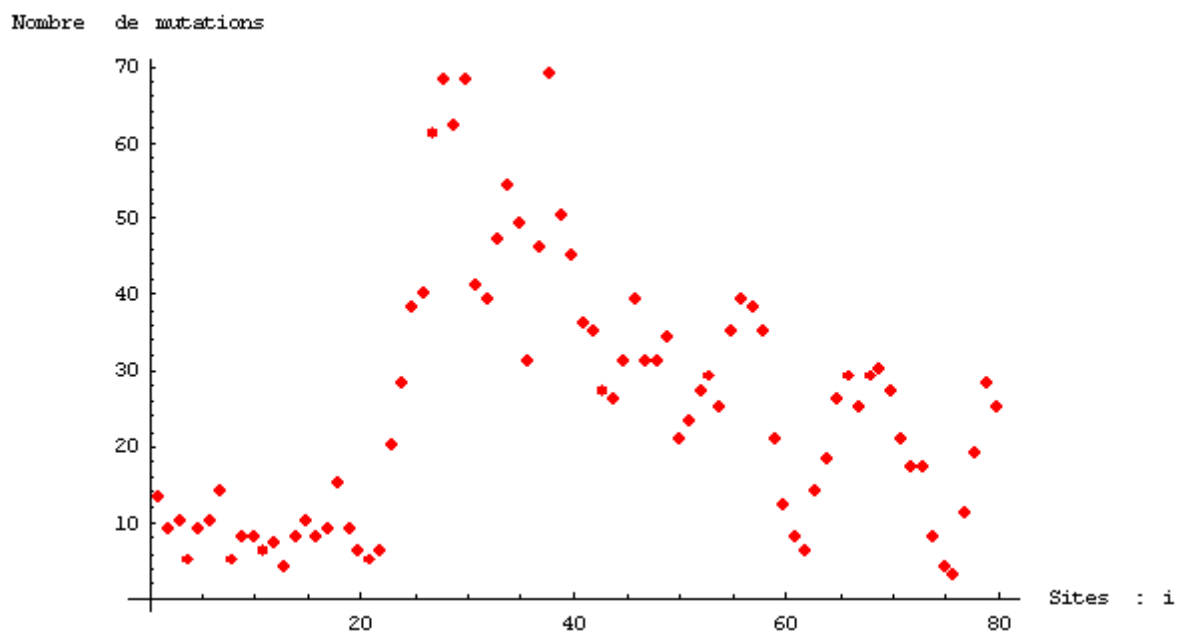
Le graphique 4-11 présente un zoom sur les zones de perturbation propres à la période 900-1040. Pour $t = 995$, le site 56 a la plus faible vitalité, ce qui correspond à une zone d'avalanches comprise dans le voisinage des sites 55-60. En $t = 996$, on passe brusquement au site 40. Pour $t > 995$, la zone concernée par les mutations se déplace donc vers la zone 35-40, provoquant une nouvelle série d'avalanche

Le Graphique 4-12 présente le comptage du nombre de mutations par site sur l'ensemble de la période considérée. Ces résultats montrent le caractère non homogène du processus. Certains sites, en particulier ceux qui se trouvent entre les sites 20 et 50 sont plus concernés par les mutations dans cette période.

**Graphique 4-11 : localisation du site de l'espèce la moins viable :
zoom sur la période 900-1040**

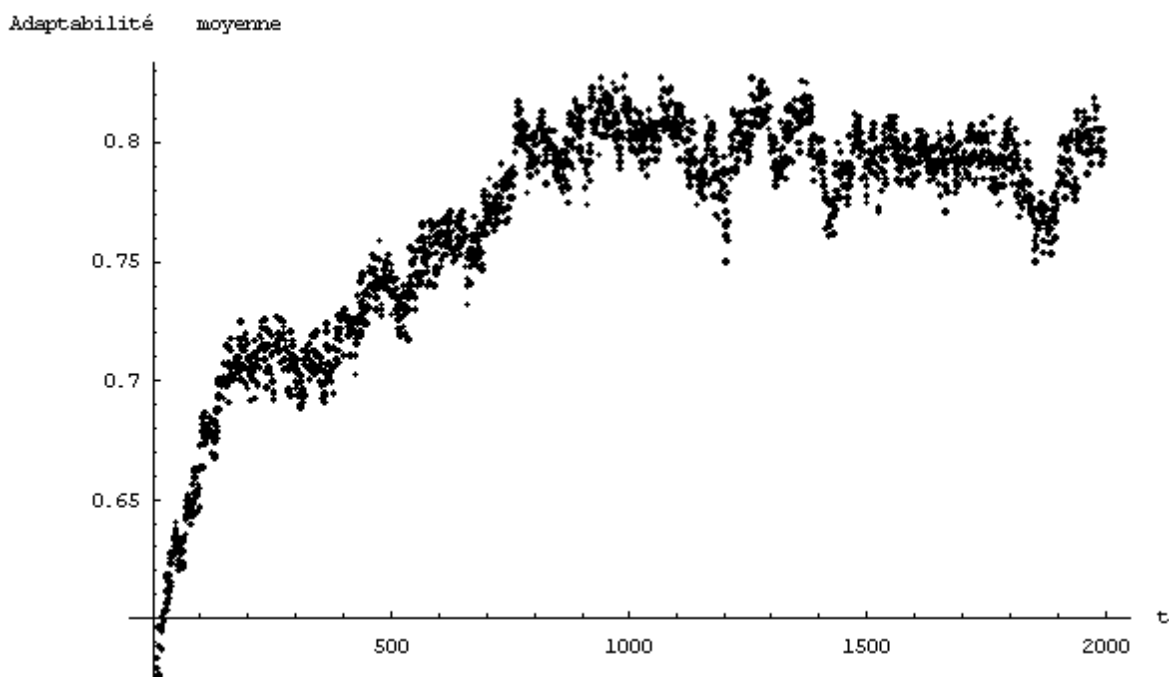


Graphique 4-12 : nombre de mutation par site sur 2000 périodes



Le Graphique 4-13 présente la progression de la vitalité moyenne de la population sur l'ensemble des sites. Celle-ci évolue en tendance vers un niveau plus élevé. Dans le cas considéré, à partir de $t = 750$, la vitalité moyenne semble fluctuer autour d'une valeur de 0,8.

Graphique 4-13 : la progression de la vitalité moyenne de la population



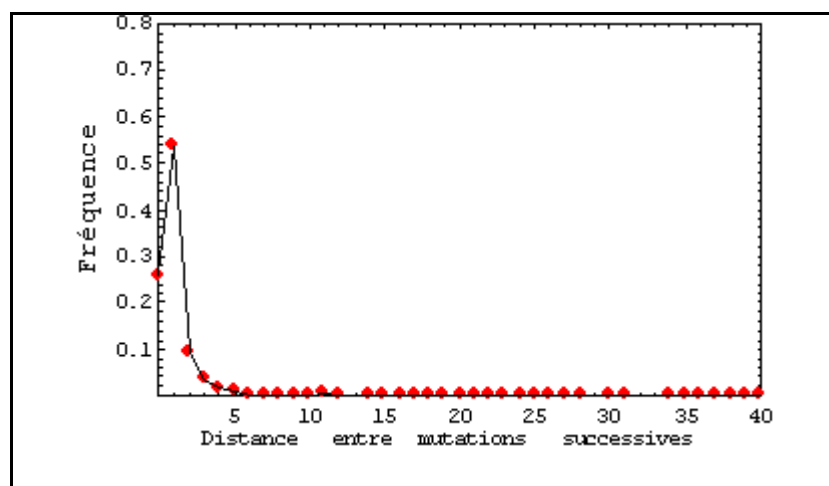
Le graphique 4-14 représente la distribution des distances entre mutations. Cette distribution fait apparaître une *queue de distribution* « épaisse », ce qui lui donne l'apparence d'une loi de puissance. Le regroupement en classe de taille 2 $\{0,1\}, \{2,3\}, \dots$ renforce cette apparence, que l'on met encore en évidence en ajustant une droite sur le logarithme des valeurs. Sur le graphique 4-14b, l'équation de la droite d'ajustement est :

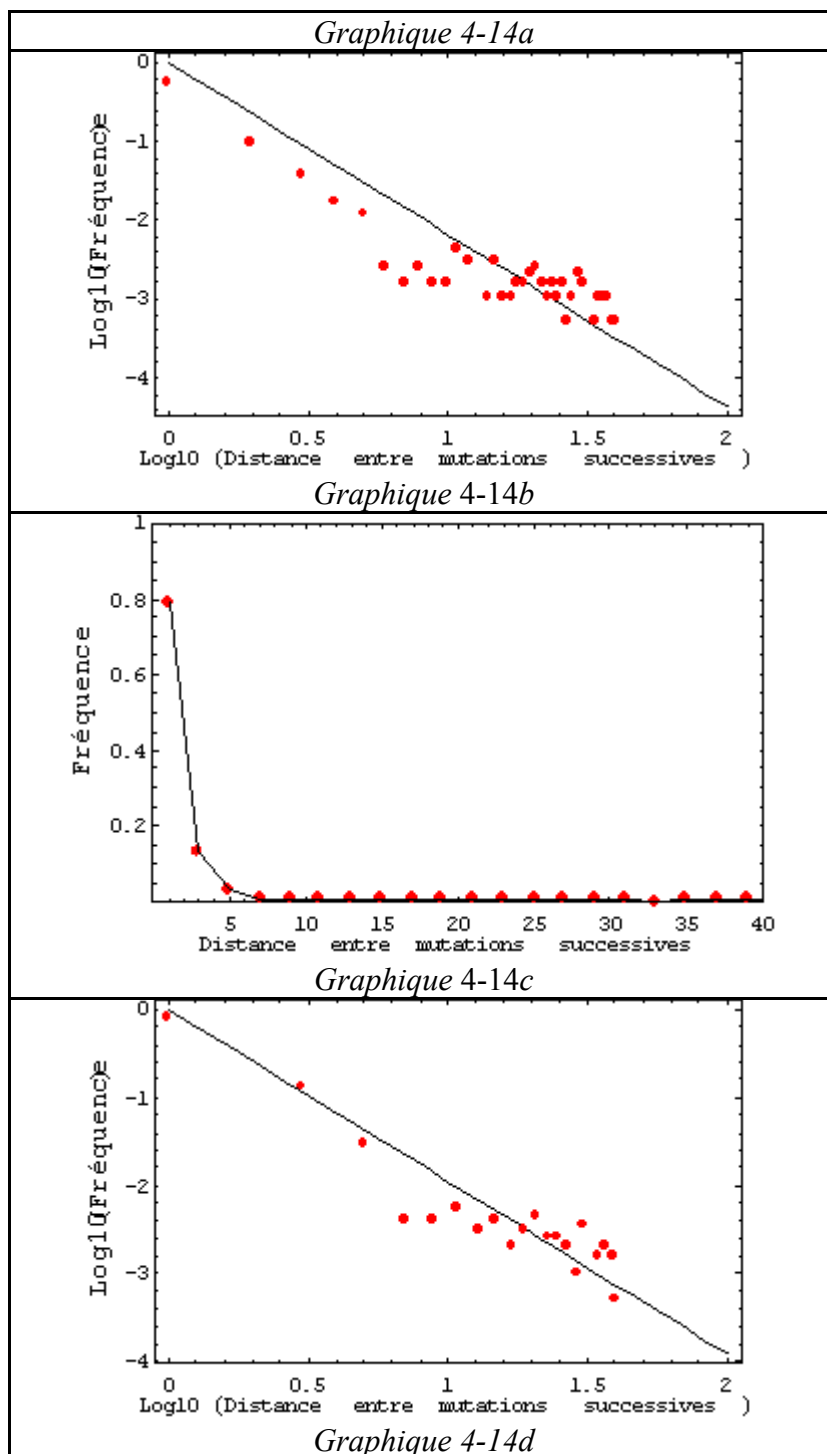
$$\text{Log}_{10}(\text{Fréquence}) = -2.186 \cdot \text{Log}_{10}(\text{distance})$$

Sur les graphiques 4-14 d & e, les classes ont été regroupées et l'on trouve :

$$\text{Log}_{10}(\text{Fréquence}) = -1.958 \cdot \text{Log}_{10}(\text{distance})$$

Graphique 4-14: la distribution des distances entre mutations

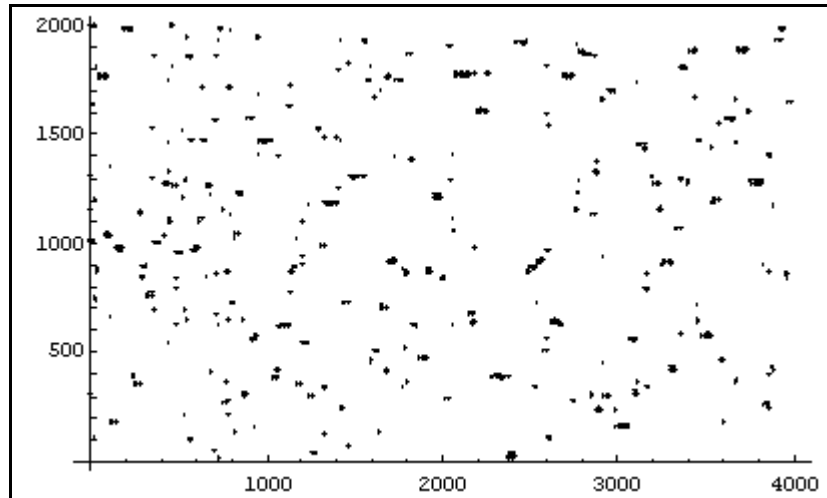




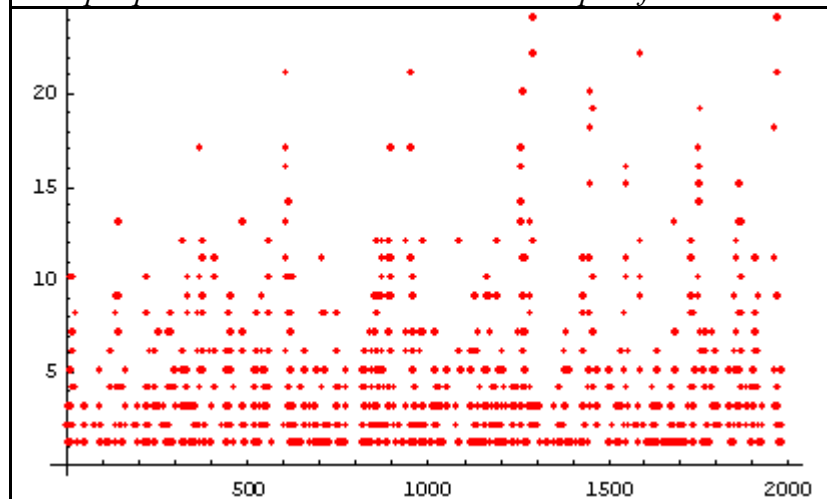
Les différents Graphiques 4-15x suivants reproduisent les résultats précédents avec une population beaucoup plus large ($n = 2000$) pour un nombre de périodes plus élevé ($T = 8000$). On a produit des résultats uniquement pour les 4000 derniers points ($t - 4000$). Dans cet échantillon, la vitalité moyenne a tendance à croître en continu, et fluctue autour d'une tendance (graphiques 4-15 c-d). Quand on réduit l'échelle, on voit apparaître plus clairement

les périodes de *stases* (ou *équilibres ponctuels*) : l'activité de mutation concerne une zone très limitée de sites, qui restent instables pendant de nombreuses périodes (graphiques 4-15 d-f)

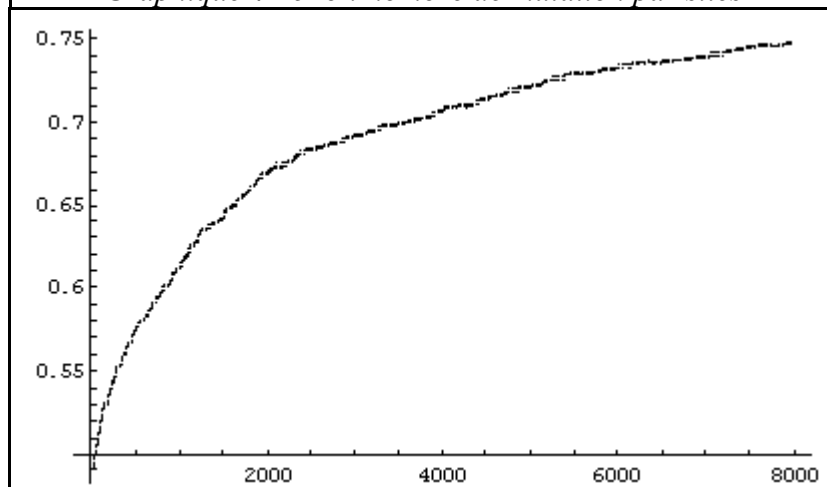
Graphiques 4-15x : simulations pour $n = 2000$ & $T = 8000$



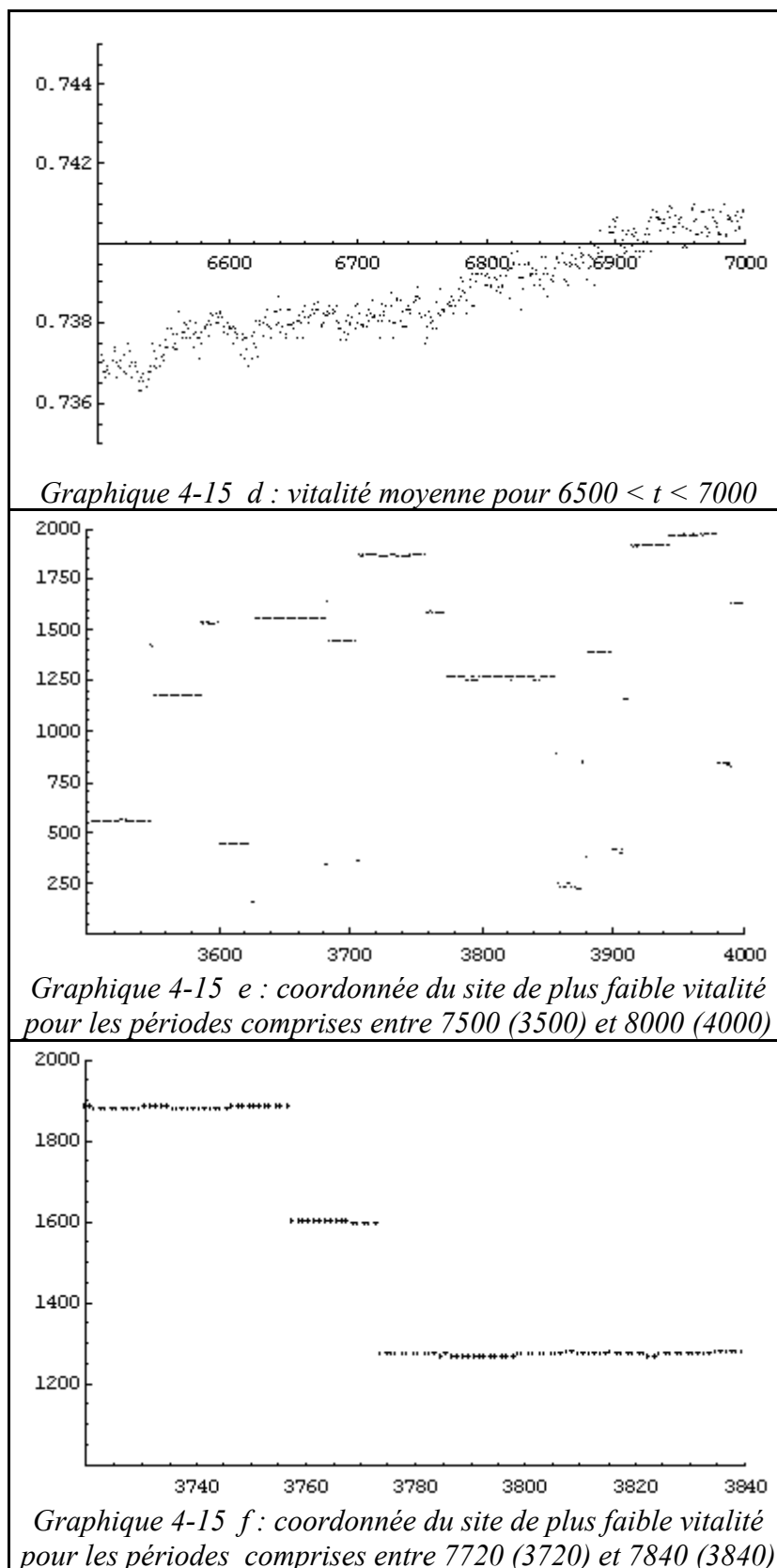
Graphique 4-15 a : coordonnée du site de plus faible vitalité



Graphique 4-15 b : nombre de mutation par sites



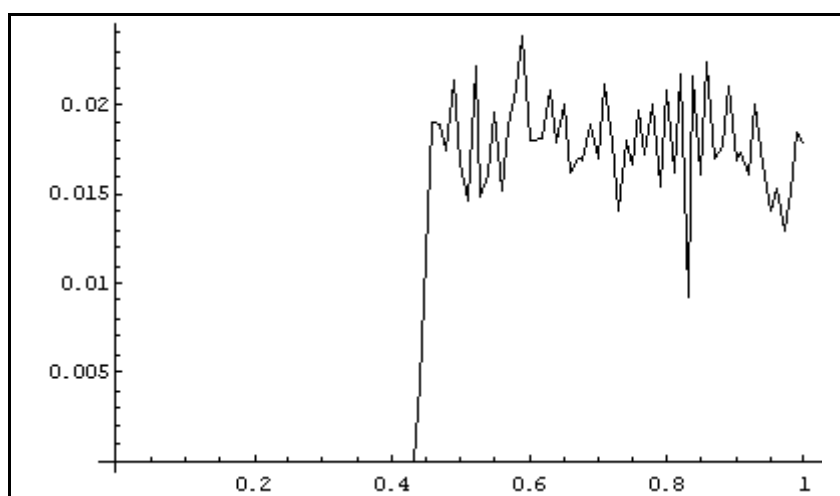
Graphique 4-15 c : vitalité moyenne pour tout t



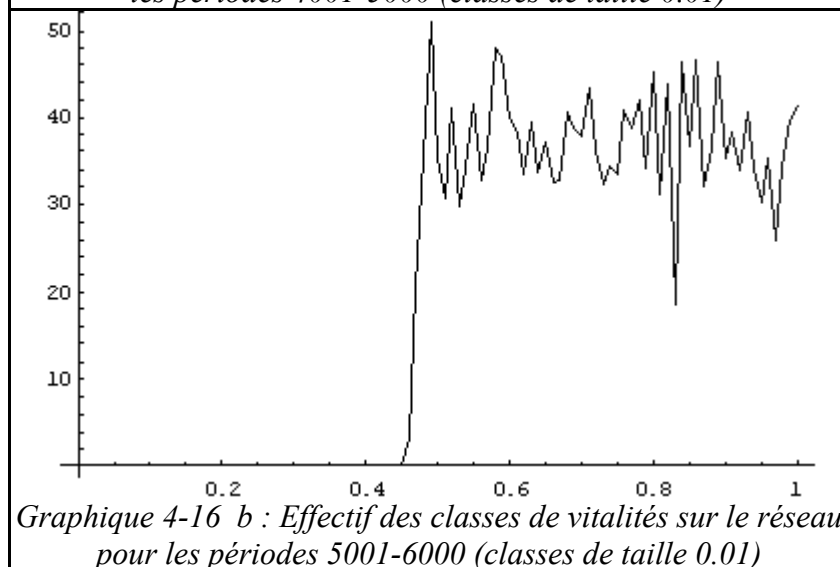
La distribution des vitalités (a_i) entre les 2000 sites est présentée sur les Graphiques 4-16x, pour des échantillons de 1000 périodes, divisées en 100 classes de largeur 10^{-2} . On voit

clairement apparaît un seuil critique en-deçà duquel la probabilité de mutation est proche de 1. C'est la zone "surcritique" : la probabilité de se trouver dans un de ces états est de l'ordre de 10^{-5} au dessous de 0.4, avec des pointes de $3 \cdot 10^{-5}$ à $4 \cdot 10^{-5}$ au voisinage de 4.0. Lorsque le temps s'écoule, le *seuil critique* se déplace vers la gauche ; il passe de 0.42 pour la période 4001-5000 à 0.48 pour la période 7001-8000. Au delà de ce seuil critique, la distribution semble stationnaire autour d'un niveau proche de 40 observations (cf. le graphique 7 c qui est présenté en effectif des classes et non en fréquence) soit 2% des sites ($2 \cdot 10^{-2}$) ont cette valeur de vitalité. Mais elle a tendance à s'élever imperceptiblement au fur et à mesure que le seuil critique se déplace vers la droite.

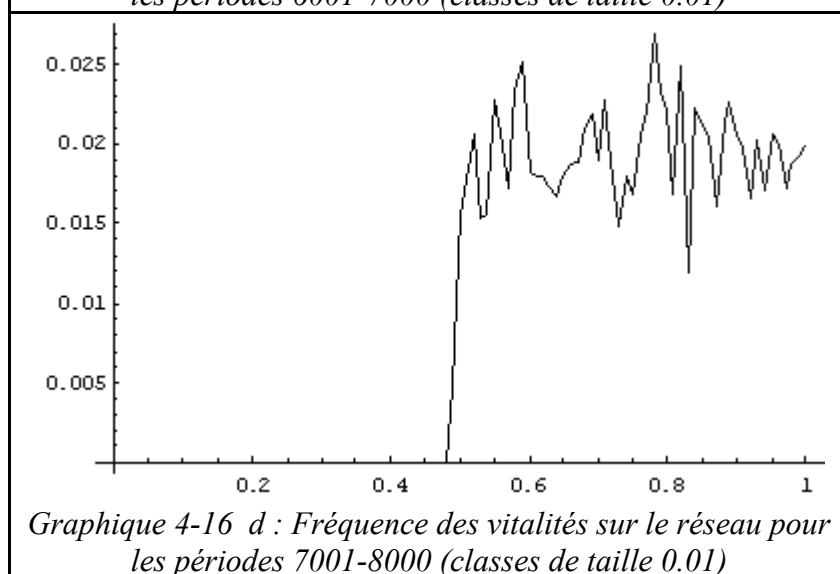
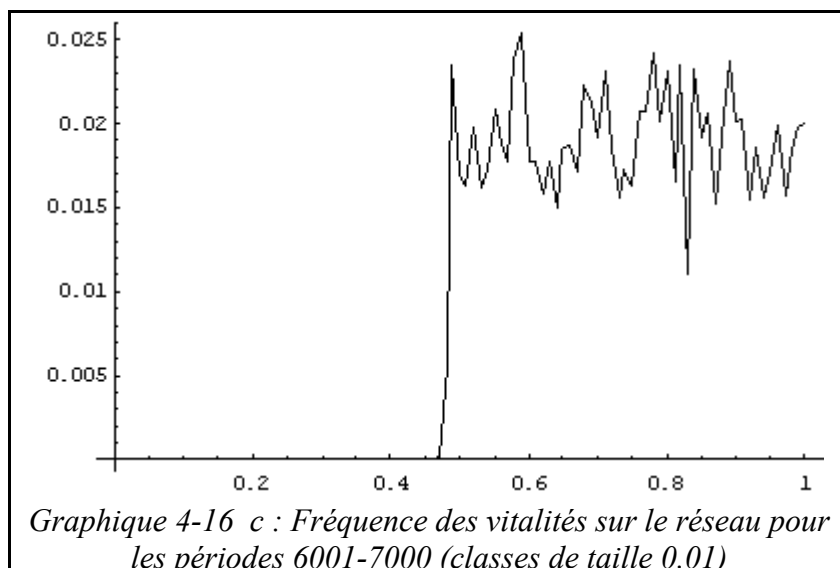
Graphique 4-16 : distribution des vitalités (a_i) pour 2000 sites



Graphique 4-16 a : Fréquence des vitalités sur le réseau pour les périodes 4001-5000 (classes de taille 0.01)

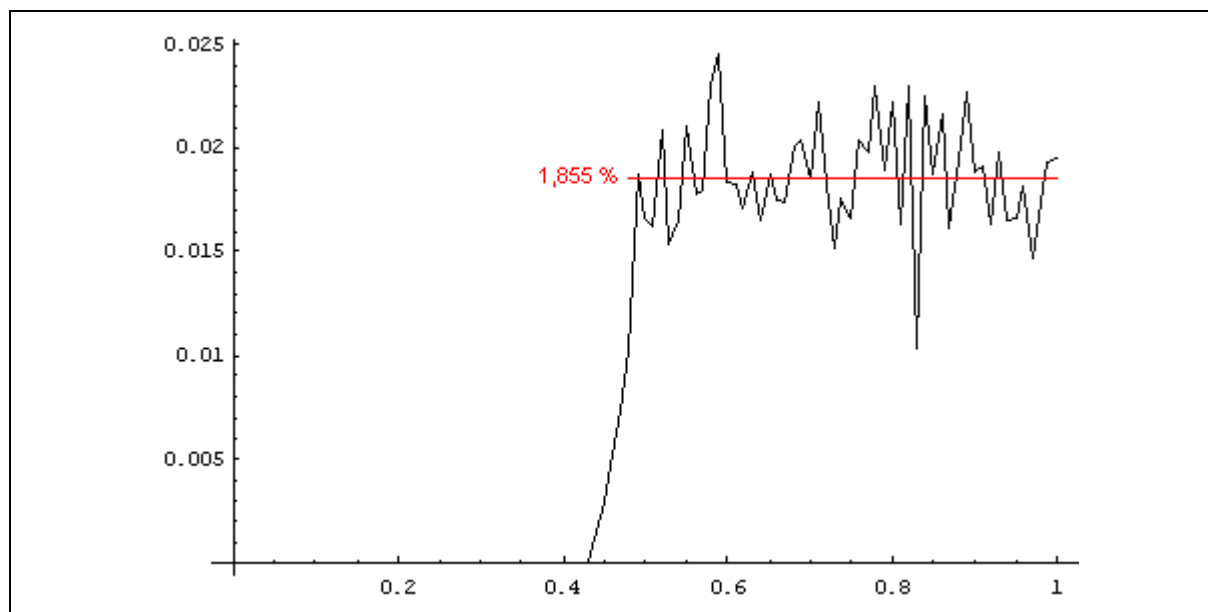


Graphique 4-16 b : Effectif des classes de vitalités sur le réseau pour les périodes 5001-6000 (classes de taille 0.01)



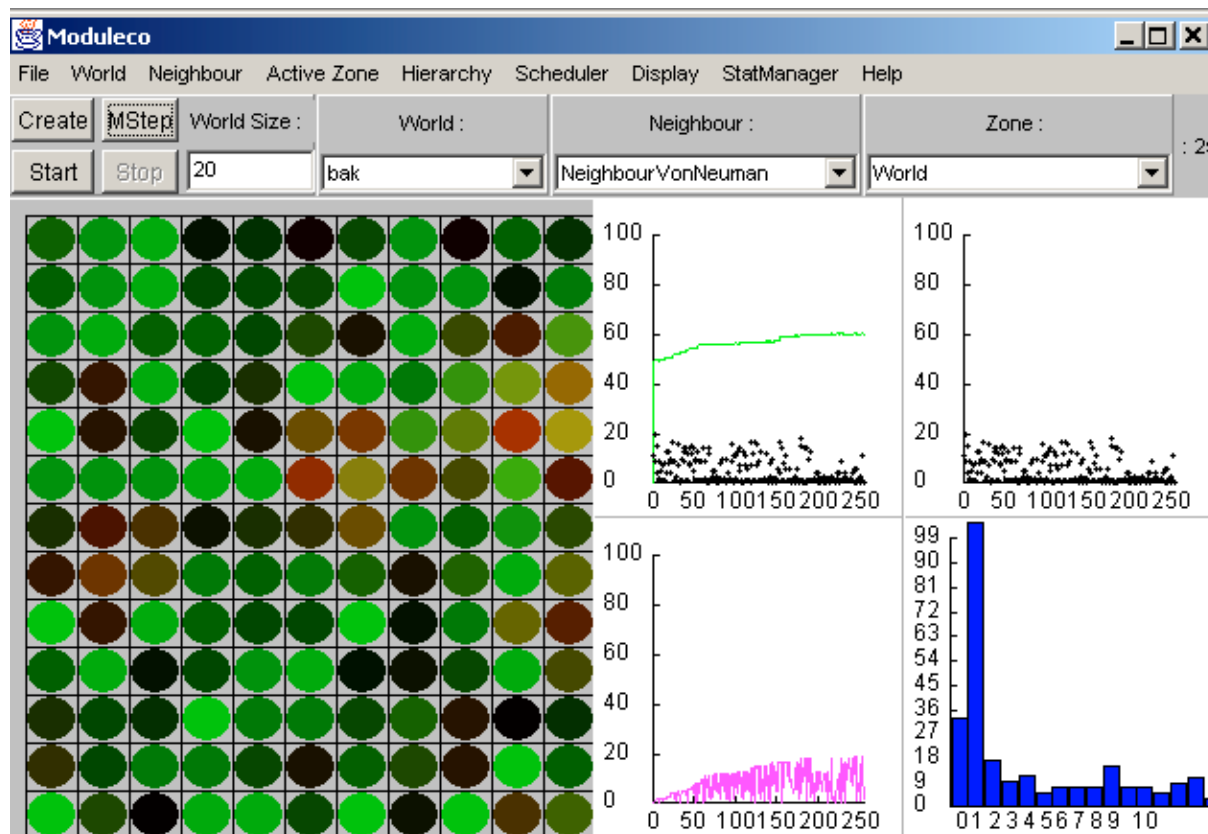
Pour terminer cette revue des résultats du modèle à deux dimensions, le graphique 8 représente la distribution des vitalités (a_i) pour les périodes comprises entre $t = 4000$ et $t = 8000$ (les 4 périodes ci-dessus regroupées). 98,3% des sites se trouvent dans l'intervalle "sous critique" : $] 0.47, 1]$. La fréquence moyenne sur un intervalle dans cette zone est de 1,855%

Graphique 4-17 : Fréquence des vitalités au voisinage de la zone critique :								
$]0.40, 0.41]$	$]0.41, 0.42]$	$]0.42, 0.43]$	$]0.43, 0.44]$	$]0.44, 0.45]$	$]0.45, 0.46]$	$]0.46, 0.47]$	$]0.47, 0.48]$	$]0.48, 0.49]$
0,0037 %	0,0045 %	0,0040 %	0,1123 %	0,2900 %	0,5195 %	0,7317 %	1,0226 %	1,8746 %



Les propriétés du modèle de Bak, Sneppen ont été étudiées par Boettcher, Paczuski (1996). Comme avec le modèle précédent, il s'agissait juste d'introduire le lecteur à quelques résultats associés aux états critiques auto-organisés. La transposition de ce modèle sur réseau en deux dimensions a été réalisée sur *Moduleco*, et ne change pas significativement la nature des résultats (figure 4-21).

Figure 4-21 : modèle de bak-Sneppen (1993) sur un réseau bi-dimensionnel



Pour Gould (1989), la *contingence historique* se traduit par l'infinité virtuelle des mondes possibles, dont le nôtre ne serait qu'une réalisation particulière. On peut avancer au contraire l'hypothèse que les *processus morphogénétiques* sont fortement contraints, ce qui réduit considérablement le type et le nombre des structures possibles. L'espace des possibilités morphologiques comporterait seulement quelques *attracteurs*, qui seraient les seuls états stables constitutifs des structures susceptibles d'apparaître lorsque les circonstances le permettent. Mais ces attracteurs et / ou leurs propriétés pourraient varier selon l'environnement. Celui-ci peut favoriser la stabilité de certains attracteurs au dépend des autres : la portée de la *contingence historique* serait ainsi limitée, encadrée par les caractéristiques universelles des dynamiques caractéristiques des processus correspondants (il y aurait *des parcours obligés*)²⁷⁸.

Les systèmes co-évolutifs, qui sont des systèmes adaptatifs complexes, devraient ainsi évoluer vers des zones critiques métastables (frontière du chaos ?) pour un maximum de vitalité. La dynamique de l'organisation morphogénétique convergerait ainsi en un nombre limité de points de cet espace et le nombre d'attracteurs (donc d'espèces viables) resterait fondamentalement restreint

Dans les modèles de Per Bak (1996), les systèmes dynamiques interactifs évoluent comme on vient de le voir vers un état *critique auto-organisé*, car celui-ci est un attracteur du système. En présence de perturbations similaires, la gamme des réponses est extrêmement large. Les réponses de grande amplitude sont rares, et la fréquence est d'autant plus élevée que l'amplitude de la réponse est faible. Son exemple paradigmatique, le « *tas de sable* » est un système (métastable) à l'état critique : les avalanches, dont les diverses amplitudes sont toutes produites par la même perturbation initiale (un grain de sable supplémentaire) représentent l'éventail des réponses du système, lorsqu'il atteint l'état critique. Cette zone apparaît alors comme une *zone intermédiaire d'adaptation optimale*

Si les *échanges entre les éléments du système sont intensifs, toute altération se traduit par un effet d'avalanche (effet domino)*. « *En situation intermédiaire, à la frontière du chaos, avec des interactions modérées, seules certaines perturbations entraînent une cascade de changements, qui peuvent déclencher d'énormes avalanches, analogues aux extinctions*

²⁷⁸ Sur ces débats, cf. Lewin (1994) ; Bak (1996) , et Newman, Palmer (1999) pour une discussion des modèles d'extinctions. Pour une discussion des possibles apports de la paléo-biologie aux sciences sociales, cf. Eldredge (1997).

/massives. Lorsque le système est à la frontière du chaos, les changements suivent une loi d'échelle » (Stuart Kauffman cité par Lewin, 1994, p 67).

A un régime chaotique correspond une plus grande faculté d'innovation, avec l'émergence de formes originales. Au fur et à mesure que le système évolue vers un état stable (il doit traverser la frontière du chaos) les innovations deviennent moins « *extensives / prolifiques* », jusqu'à l'instauration d'un nouvel état stable du système. Ce phénomène historique correspond à une séquence où un temps d'expérimentations est suivi par une période de spécialisation. Stuart Kauffman (Lewin, 1994, p.77) souligne que l'on peut observer la même chose à propos de l'innovation industrielle. Le processus d'innovation qui apparaît au sein des systèmes complexes adaptatifs pourrait ainsi être la manifestation d'une dynamique fondamentale permettant, dans une certaine mesure, d'en prévoir l'évolution.

Peu de travaux d'économistes à ce jour ont utilisé les dynamiques critiques auto-organisées, comme par exemple Bak, Chen, Scheinkman, Woodford (1993), Scheinkman, Woodford (1994) et Bak P., Paczuski M., Shubik M. (1996) ; De notre point de vue, le modèle le plus intéressant dans le domaine des phénomènes critiques auto-organisés reste celui de Plouraboué, Steyer Zimmermann (1998) et Deroïan, Steyer, Zimmermann (1999). Bien que conçu dès l'origine pour rendre compte des phénomènes de diffusion en milieu inhomogène, son adaptation à la représentation du marché reste encore problématique. Mais on verra dans la section suivante que cela est largement attribuable à la nature spécifique du réseau social qu'il cherche à modéliser. Malgré la difficulté, ces travaux indiquent certainement une des directions les plus fécondes à suivre.

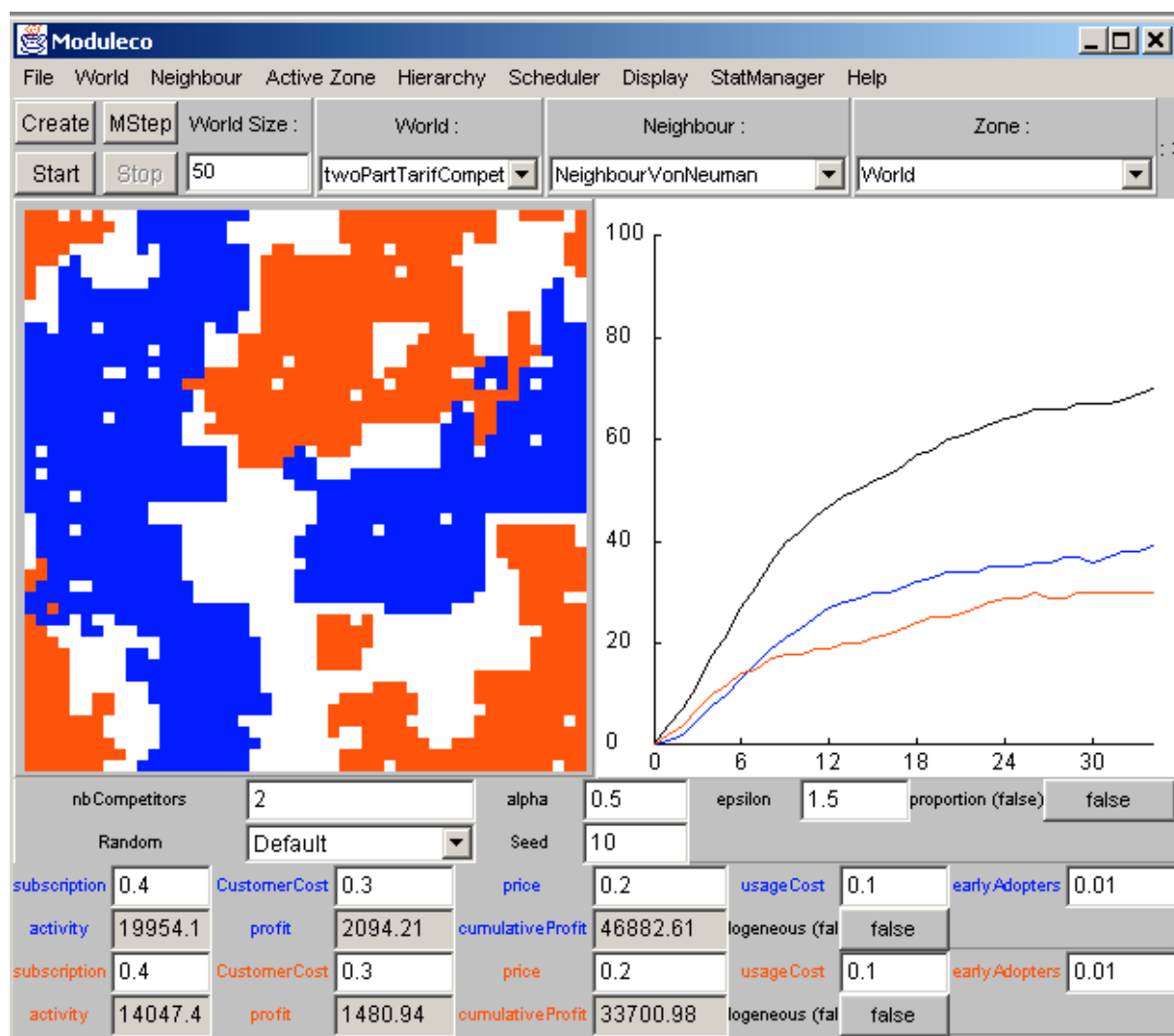
4.2.3. Quelques modèles de diffusion disponibles dans *Moduleco*.

Nous terminerons ce tour d'horizon sur la dynamique des réseaux d'automates par un brève présentation de quelques modèles de diffusion disponibles sur *Moduleco*. Pour l'instant, il s'agissait surtout de calibrer la plate-forme, et nous n'avons donc aucun résultat économique nouveau à présenter. Les ébauches de modèles présentés ici permettront cependant au lecteur de se faire une idée de *la direction* dans laquelle nous entendons aller pour modéliser les marchés, avant d'aller plus loin dans la logique de la plate-forme elle même.

A - Un modèle de compétition entre réseaux avec externalité localisée et tarif binôme.

Il s'agit du seul modèle réellement original de *Moduleco*²⁷⁹, mais il n'est pas encore finalisé. Sa structure informationnelle sera présentée dans la section 4.3. (§ 4.3.). Il s'agit d'un modèle dans lequel un ou plusieurs vendeurs offrent un service avec une tarification binôme à une population d'acheteurs sujette à une externalité de demande. En pratique, il s'agit donc d'une version du modèle présenté au chapitre trois, où le voisinage est discret au lieu d'être continu. Lorsqu'il y a plusieurs vendeurs, ceux-ci peuvent se faire une concurrence avec ou sans compatibilité (interconnexion). Pour l'instant, « l'intelligence » des agents vendeurs n'est pas encore développée et les variables de commande (prix, abonnement) sont saisies depuis l'interface. Il est prévu pour 2002 de faire apprendre une demande inconnue à un vendeur en situation de monopole.

Figure 4-22 : compétition entre réseaux avec externalité localisée et tarif binôme



²⁷⁹ Avec le modèle de viabilité en cours de développement de Valence (2001), qui n'est pas présenté ici.

Une étude approfondie des effets de diffusion liés à différentes configurations de réseaux sociaux est également prévue. Un des objectifs que l'on s'est donné dans le développement de *Moduleco* est d'ailleurs de pouvoir changer très facilement de type de réseau ou de voisinage afin d'éprouver la généralité des résultats d'un modèle (figure 4-14), ou sa sensibilité aux structures de communication. Dans cet objectif, le recours aux résultats et au savoir-faire des chercheurs de la physique statistique représente un impératif incontournable.

A la suite des travaux précurseurs de Föllmer (1974), qui fut le premier (et pendant longtemps le seul) à avoir utilisé explicitement les méthodes de la physique statistique pour formaliser les phénomènes d'interdépendances sociale localisées en économie, les méthodes d'analyse des réseaux de la physique statistique ont connu un regain d'intérêt au début des années quatre vingt dix²⁸⁰. Il s'agit en particulier des travaux de Durlauf (1993, 1994, 1996a), Bénabou (1993, 1996), Blume (1993, 1995), Ellison (1993) et de quelques autres auteurs, dont en Europe (Dalle, 1997, et dans le cadre de la théorie des jeux évolutionnaires, Kirchkamp, 1996, 1999 et Solal, 1999). Dans une perspective un peu différente, certains auteurs ont utilisé des réseaux aléatoires ; il s'agit en particulier de Kirman (1983), Kirman, Oddou, Weber (1986), Ioannides (1990, 1997) et de Durlauf (1996b). Dans ces modèles, la communication permet la formation de coalitions entre les agents. Nous ne présenterons pas ici une synthèse de ces modèles. Un tel travail a été réalisé par Durlauf (1997), Brock, Durlauf (1999, 2000), Blume, Durlauf (2001). Nous insisterons uniquement sur les cadres déjà développés dans *Moduleco* pour intégrer de telles approches.

C - Le modèle d'Ising, version Dalle & Jullien

Un certain nombre d'auteurs que nous venons de citer ont popularisé en économie l'usage des champs de Gibbs (Spitzer 1971) qui s'appliquent en particulier au modèle de ferromagnétisation spontanée d'Ising (Weisbuch, 1989).

Dans le modèle d'Ising²⁸¹, chaque spin est un état décrit par une *variable binaire* S_i qui prend ses valeurs dans l'ensemble $\{-1, 1\}$. Il est soumis à un *champ magnétique local* h_i et subit une

²⁸⁰ On remarquera que les sociologues se sont intéressés beaucoup plus tôt à ce domaine, comme par exemple les travaux de Kindermann, Snell, (1980, 1982) sur les champs markoviens, et les travaux de Fararo, Skvoretz (1984), Skvoretz (1985, 1990) sur les réseaux aléatoires biaisés. Dans ce cadre Fararo (1983) propose d'ailleurs une formalisation pour la thèse de la force des liens faibles proposée par Granovetter (1982, 2000). Pour une présentation générale des propriétés génériques de ces approches, cF. Weisbuch (1989).

²⁸¹ Je remercie Jean Pierre Nadal et Mirta Gordon pour leurs remarques sur une version antérieure de cette section.

influence des spins voisins d'une importance variable, traduite par une *constante d'interaction* $J_{i,j}$. L'énergie totale pour le spin i , notée E_i , s'écrit alors comme la somme :

$$(1) E_i = h_i S_i + \sum_{j \neq i} J_{i,j} S_i S_j$$

Lorsque la température est non nulle, le spin se comporte comme un automate probabiliste dont la probabilité de transition est donnée par la logistique :

$$(2) P(S_i) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_{j \neq i} J_{i,j} S_i S_j / k.T\right)} = \frac{\exp\left(\sum_{j \neq i} J_{i,j} S_i S_j / 2.k.T\right)}{\exp\left(\sum_{j \neq i} J_{i,j} S_i S_j / 2.k.T\right) + \exp\left(-\sum_{j \neq i} J_{i,j} S_i S_j / 2.k.T\right)}$$

Où k est la constante de Boltzmann et T la température. Pour les calculs numériques, les physiciens utilisent souvent une approximation du modèle selon le principe du « *champ moyen* ». Ceci revient à considérer que chaque spin subit une influence homogène de l'ensemble des autres, ou, ce qui revient au même, interagit avec la moyenne des autres. Pour $h_i = 0$, selon *l'approximation de champ moyen*, dans le cas particulier où ($J_{i,j} = J$), l'énergie totale pour le spin i est maintenant donnée par :

$$(1 \text{ bis}) E_i = -n.J. \langle S \rangle S_i$$

où n est le nombre de voisins du spin i , et où $\langle S \rangle$ désigne la moyenne de S_j , qui est égale à la moyenne de S_i . Cette dernière est par ailleurs donnée par : $P(+1).(+1) + P(-1).(-1) = P(+1) - P(-1)$

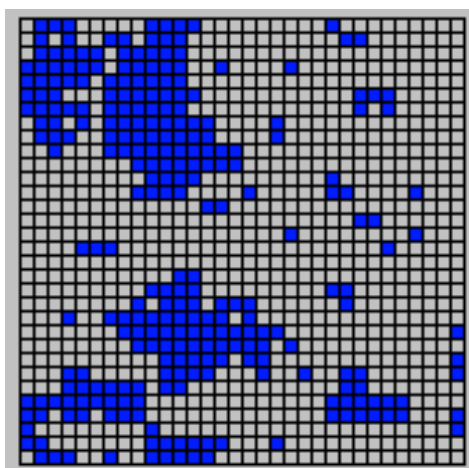
après introduction de (1bis) dans (2) : (3)
$$P(+1) = \frac{\exp\left(\frac{n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right)}{\exp\left(\frac{n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right) + \exp\left(\frac{-n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right)}$$

et : (3bis)
$$P(-1) = \frac{\exp\left(\frac{-n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right)}{\exp\left(\frac{n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right) + \exp\left(\frac{-n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right)}$$

L'espérance $\langle S \rangle$ est donc solution de l'équation implicite :

$$(4) \quad \langle S \rangle = \frac{\exp\left(\frac{n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right) - \exp\left(\frac{-n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right)}{\exp\left(\frac{n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right) + \exp\left(\frac{-n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right)} = \tanh\left(\frac{+n.J \langle S \rangle}{2.k.T}\right)$$

Figure 4-23 : Le modèle d'Ising bi-dimensionnel



En économie, la démarche qui conduit à une telle modélisation est présentée de manière synthétique dans les travaux plus haut. Parmi ces nombreuses synthèses des modèles de choix discrets en situation d'interaction sociale, nous rappellerons uniquement ici quelques résultats tirés de Brock, Durlauff (1999, 2000) en renvoyant le lecteur à ces travaux pour des explications plus complètes²⁸². Ces auteurs considèrent une population de I agents qui ont un choix binaire ω_i à faire dans l'ensemble $\{-1, 1\}$. Les agents sont supposés maximiser une fonction de gain $V(\cdot)$ qui dépend d'un vecteur de paramètres Z_i observables et d'un paramètre aléatoire idiosyncrasique $\varepsilon_i(\omega_i)$ non observable par un tiers. On ajoute pour terminer un terme d'influence sociale $S(\omega_i, \omega_{-i}^e)$, où ω_{-i}^e désigne le vecteur des valeurs anticipées $E_i(\omega_j)$ des ω_j dans le voisinage de i (où $E_i(\omega_j)$ représente une anticipation fondée sur l'espérance de ω_j pour l'agent i). On désigne par $J_{i,j}$ la pondération de l'effet d'influence sociale de j vers i , et l'on considère que ce terme a des propriétés de *complémentarité stratégique* (Bulow, Geanakoplos, Klemperer, 1985, Cooper, John, 1988) par rapport aux valeurs anticipées des choix individuels dans le voisinage. Plus spécifiquement, on va donc définir $J_{i,j}$ comme la valeur que prendrait la dérivée seconde de $S(\cdot)$ par rapport à ω_i et $E_i(\omega_j)$ si ces variables étaient continues :

²⁸² La présentation retenue ici est cohérente avec la *théorie standard étendue*. Par contre, certains modèles qui utilisent des outils de la physique statistique ne retiennent pas une approche classique de l'optimisation. C'est le cas par exemple de Dalle (1997). Nadal, Weisbuch, Chenevez, Kirman (1998) dérivent la distribution logistique d'un arbitrage exploration / exploitation qui vise au compromis entre la recherche de profit immédiat et la préservation d'informations pour les profits à venir. Dans leur modèle, le compromis ne se réalise pas par expérimentation séquentielle, comme chez Bourguine, Leloup (1998, 2000) ou Leloup (2001, 2002), mais par la maximisation d'une fonction d'entropie. sur les approches non orthodoxes, cf. également An, Kiefer (1995).

$$(5) \quad \frac{\partial^2 S}{\partial \omega_i \partial E_i(\omega_j)} = J_{i,j} > 0$$

Deux formalisations des effets externes de voisinage sont alors utilisées. Soit une *effet positif multiplicatif* d'interaction entre le choix individuel et le choix anticipé

$$(6) \quad S(\omega_i, \omega_{-i}^e) = \omega_i \sum_{j \neq i} J_{i,j} E_i(\omega_j)$$

Soit un « *effet de conformité* » quadratique négatif à la Berheim (1994) :

$$(7) \quad S(\omega_i, \omega_{-i}^e) = - \sum_{j \neq i} \frac{J_{i,j}}{2} (\omega_i - E_i(\omega_j))^2$$

Pris individuellement, l'*effet de conformité* sera nul lorsque deux agents ne seront pas connectés $J_{i,j} = 0$ ou auront des choix similaires ($\omega_i = E_i(\omega_j)$), négatif sinon. Comme on a pour tout j : $E_i(\omega_j)^2 = \omega_j^2 = 1$, on peut réécrire le terme d'influence sociale sous la forme :

$$(8) \quad S(\omega_i, \omega_{-i}^e) = \omega_i \cdot \sum_{j \neq i} J_{i,j} E_i(\omega_j) - \sum_{j \neq i} \frac{J_{i,j}}{2} (E_i(\omega_j)^2 + 1) = \omega_i \cdot \sum_{j \neq i} J_{i,j} E_i(\omega_j) - \sum_{j \neq i} J_{i,j}$$

Si les $J_{i,j}$ sont les mêmes dans les deux cas, on voit ainsi que les termes (6) et (8) ne diffèrent que par le *niveau* de l'effet externe, et qu'ils traduisent *le même effet d'interaction*, dans la mesure où ils vérifient tous deux la condition (5) sur la complémentarité stratégique avec la même intensité. Dans ce qui suit, on retiendra la forme multiplicative (6).

Le programme d'un agent s'écrit donc :

$$(9) \quad \max_{\omega_i \in \{-1,1\}} V(\omega_i, Z_i, S(\omega_i, \omega_{-i}^e), \varepsilon_i(\omega_i))$$

On suppose également dans ces modèles que la différence entre les termes aléatoires non observables idiosyncrasiques $\varepsilon_i(\omega_i)$ suit une logistique²⁸³ (que l'on comparera avec l'équation 2) :

$$(10) \quad P(\varepsilon_i(-1) - \varepsilon_i(+1) \leq z) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta_i \cdot z)}$$

²⁸³ Cette hypothèse est souvent faite en économie pour les choix discrets (Anderson, de Palma, Thisse, 1992, Mac Fadden, 1984)

On suppose pour finir que la fonction de gain à maximiser est décomposable en une somme de trois termes qui traduisent respectivement l'utilité déterministe, le terme d'influence sociale et le terme aléatoire non observable idiosyncrasique :

$$(11) \quad V(\omega_i, Z_i, S(\omega_i, \omega_{-i}^e), \varepsilon_i(\omega_i)) = U(\omega_i, Z_i) + S(\omega_i, \omega_{-i}) + \varepsilon_i(\omega_i)$$

On exprime également l'utilité déterministe de manière additive :

$$(12) \quad U(\omega_i, Z_i) = \omega_i \cdot h_i(Z_i) + k_i$$

Où l'on choisit k_i de telle manière que : $U(-1, Z_i) = -h_i(Z_i) + k_i$; et $U(+1, Z_i) = h_i(Z_i) + k_i$. Ceci entraîne que : $h_i(Z_i) = \frac{1}{2}(U(+1, Z_i) - U(-1, Z_i))$.

Ainsi formulé, la fonction $h_i(Z_i)$ peut s'interpréter comme la moitié de la différence entre les parts déterministes des utilités associées au deux choix possibles, avant prise en compte de l'influence sociale. La comparaison des équations (1) et (11) nous permet de voir comment les économistes ont reconstruit une sémantique autour des équations de la physique statistique.

On peut maintenant donner la probabilité conditionnelle du choix individuel :

$$(13) \quad P(\omega_i | Z_i, P_i^e(\omega_{-i})) \approx \exp\left(\beta_i \cdot h_i(Z_i) \cdot \omega_i + \sum_{j \neq i} \beta_i \cdot J_{i,j} \cdot \omega_i \cdot E_i(\omega_j)\right)$$

Si les termes aléatoires individuels sont indépendants, on montre que l'on se trouve en présence d'une loi de Gibbs :

$$(14) \quad P(\tilde{\omega} | \tilde{Z}, \tilde{P}^e(\omega_{-i})) = \prod_i P(\omega_i | Z_i, P_i^e(\omega_{-i})) \approx \prod_i \exp\left(\beta_i \cdot h_i(Z_i) \cdot \omega_i + \sum_{j \neq i} \beta_i \cdot J_{i,j} \cdot \omega_i \cdot E_i(\omega_j)\right)$$

Dans le cas particulier (néo-classique) où les agents ont tous des *anticipations rationnelles*, on doit avoir, pour tout i et tout j :

$$(15) \quad E_i(\omega_j) = E(\omega_j | \tilde{Z}, E_k(\omega_1) \forall k, 1)$$

Dans ce cas, les croyances subjectives des agents pour chacun des choix $E_i(\omega_j)$, contraintes par l'ensemble des conditions (15) peuvent être remplacées pour tous les agents par la même espérance $E(\omega_j)$ commune. On montre alors que l'ensemble de ces espérances vérifient un système donné par (16) qui admet au moins un point fixe (Brock, Durlauf, 1999)

$$(16) \quad E(\omega_i) = \tanh \left(\beta_i \cdot h_i(Z_i) + \sum_{j \neq i} \beta_i \cdot J_{i,j} \cdot E(\omega_j) \right)$$

Un autre cas particulier intéressant est celui où tous les voisinage sont de même taille n et où la constante d'interaction J est la même pour tous. On parle alors d'*interactions locales homogènes*. Dans ce cas, qui correspond à l'*approximation de champ moyen* des physiciens, un terme d'influence sociale $S(\omega_i, \omega_{-i}^e)$ se réécrit :

$$(17) \quad S(\omega_i, \omega_{-i}^e) = \omega_i \cdot J \cdot \sum_{j \neq i} E_i(\omega_j)$$

Sous l'hypothèse d'anticipations rationnelles, on a comme précédemment $E_i(\omega_j) = E(\omega_j)$ pour tout i . Comme dans le cas physique, $E(\omega_j) = E(\omega)$ pour tout i , solution de l'équation implicite :

$$(18) \quad E(\omega) = \tanh(\beta h + \beta \cdot n \cdot J \cdot E(\omega))$$

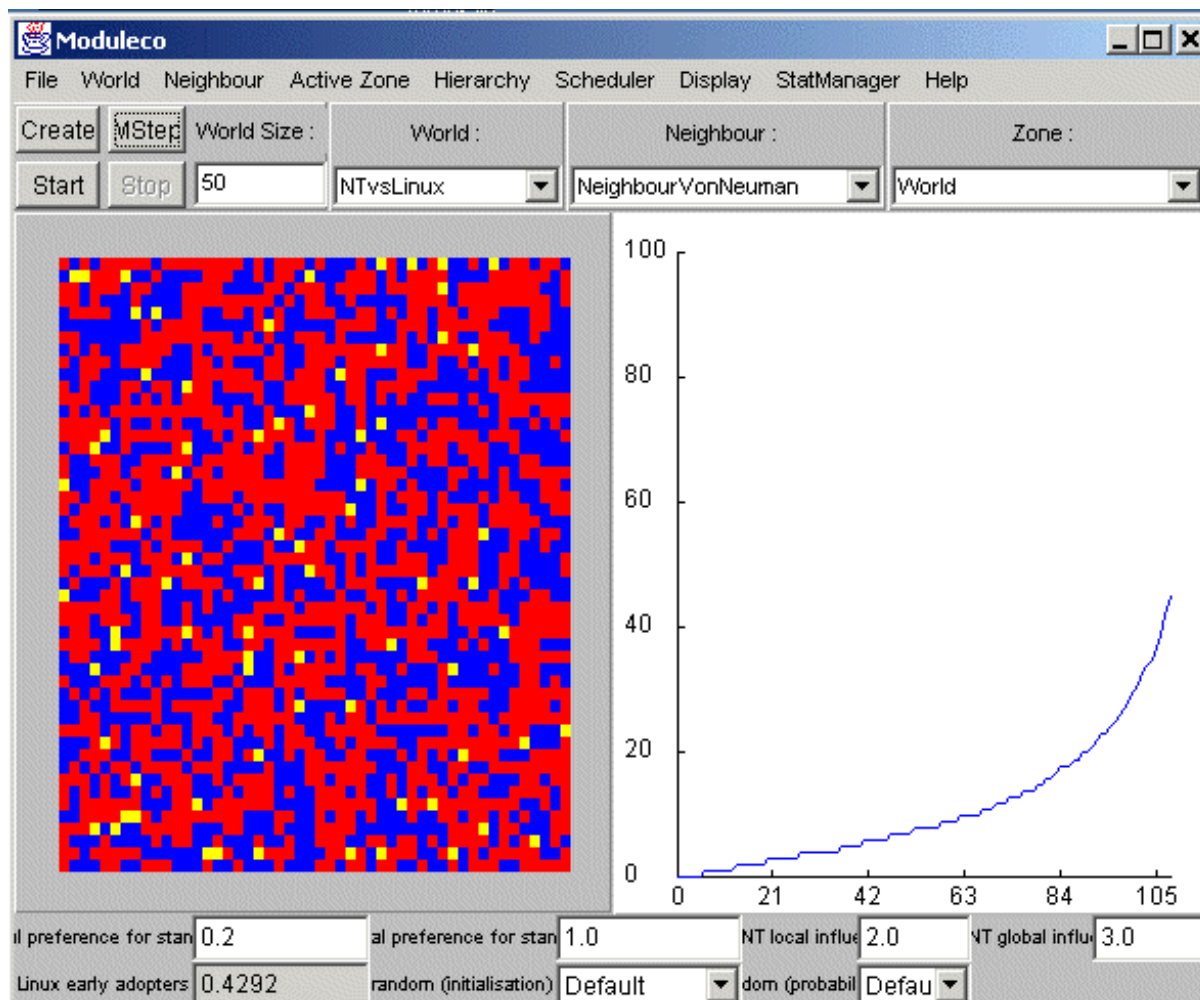
Dans ce contexte avec anticipations rationnelles, on montre que l'*équilibre avec interactions locales homogènes* (en *champ moyen*) correspond à l'*équilibre avec interactions globales* (Brock, Durlauf, 1999). De notre point de vue, deux types de situations apparaissent intéressantes à *explorer* avec *Moduleco* pour des recherches futures. Premièrement, celles où les agents ne sont pas en situation risquée, mais en situation d'incertitude, comme par exemple dans le modèle de Leloup (2001). Deuxièmement, celle où les structures d'interactions restent locales ou aléatoires, ce qui permet d'avoir des clusters et du polymorphisme structurel.

Il n'était pas inintéressant de rappeler les résultats qui viennent d'être présentés pour deux raisons. Premièrement, il n'est pas inutile de comparer la manière dont les deux professions (les physiciens et les économistes) parviennent à des distributions similaires. Deuxièmement, certains auteurs, comme Dalle (1997) ou Dalle, Jullien (2000) dont nous avons porté le modèle sur *Moduleco*²⁸⁴ postulent directement une fonction de choix de type tangente hyperbolique. Dans certains modèles à interactions localisées, la dimension des voisinages est réduite et des effets de clusters locaux peuvent apparaître dans les simulations. L'approche en champs moyen est alors utilisée pour dériver des propriétés globales du système. Dans le modèle de Dalle, Jullien (2000), motivé par la concurrence entre Windows NT/2000 et Linux,

²⁸⁴ Nicolas Julien vient de soutenir une thèse (Julien, 2001) réalisée au département d'économie de l'ENST de Bretagne.

les auteurs ont défini à la fois une influence locale et une influence globale. Contrairement à la présentation que nous venons de faire, dans leur modèle, aucune justification particulière n'est donnée en terme de *théorie standard élargie*.

Figure 4-24 : Le modèle NT / Linux de Dalle, Jullien (2000)



Les auteurs postulent directement une fonction de seuil (qui varie entre -1 et 1) définie de la manière suivante :

$$\text{Seuil} = \tanh[a \cdot ((1-b) \cdot (\lambda - \alpha \cdot w) + b \cdot (L - \beta \cdot W))]$$

Où $\tanh(\cdot)$ représente la tangente hyperbolique, b et $(1-b)$ la part respective de l'effet global et local, λ , (L) la part locale (globale) de Linux et w (W) celle de Windows NT/2000. α peut donc être interprété comme l'influence relative de la part de marché locale de Windows NT/2000 et β l'influence relative de la part de marché global.

En conséquence, soit Linux ne diffuse pas, soit son temps de diffusion est indéfiniment long, soit Linux élimine Windows NT !. Les auteurs se bornent donc à étudier les effets des

paramètres sur le décollage de la diffusion, qui est très rapide (lorsque décollage il y a !). La figure ci-dessous

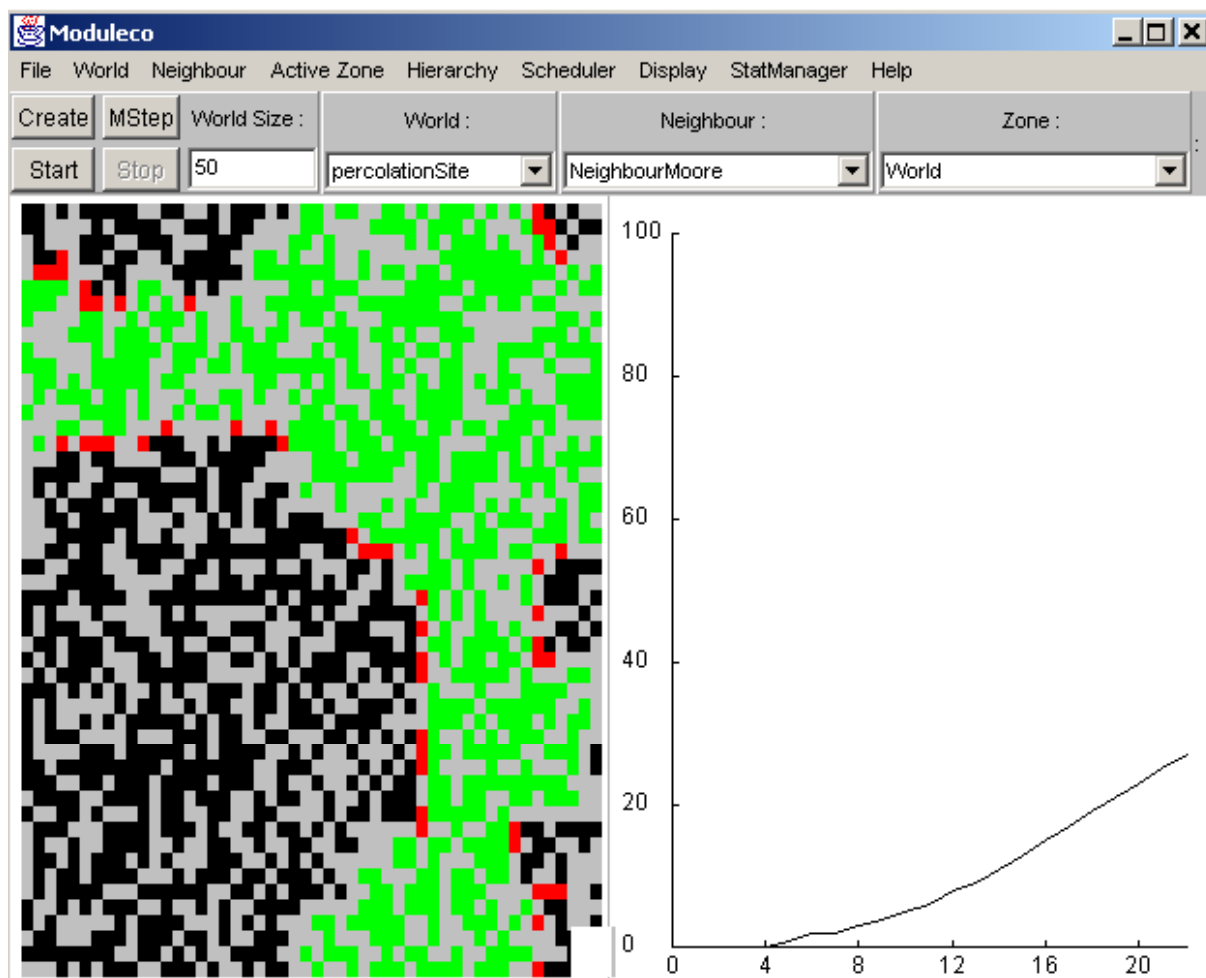
B - Des applications de la percolation au marketing ?

Nous avons vu que certaines approches ont utilisé les réseaux aléatoires pour expliquer la formation de coalitions grâce à des phénomènes de communication interpersonnelle. Les réseaux à structure de communication aléatoire ont également servi pour formaliser des phénomènes de diffusion en terme de percolation (Broasbent, Hammersley, 1957, Stauffer, Aharony, 1994, de Gennes, 1985). Les applications de cette approche à l'économie ne sont pas nouvelles. On peut citer par exemple David, Foray (1994) pour l'EDI (*Electronic Data Interchange*). Plus récemment, les physiciens, dont c'est la spécialité se sont aussi intéressés à cette question et ont produit un certain nombre d'articles sur cette question, en particulier le grand spécialiste de cette question, Dietrich Stauffer²⁸⁵

Dans les modèles de percolation, la structure du réseau social est aléatoire, mais homogène. On considère donc un grand nombre de sites en communication incertaine les uns avec les autres. Selon la proportion de liens effectifs entre les sites (percolation de liens) ou de sites voisins (percolation de sites) il peut exister une possibilité de transmettre une « information » (qui peut être le feu dans les modèles de feu de forêt ou un virus dans les modèles épidémiologiques) sur une grande distance. On dit alors qu'une région du réseau *percole* si on peut passer d'un bord à l'autre du réseau en restant à l'intérieur de cette région. Un coefficient q détermine donc la proportion moyenne de lien au sein d'un voisinage déterminé, qui peut aller de 0 à 100%. Le nombre moyen de voisins d'un agent est indépendant de sa position dans le réseau social. On montre alors qu'il existe une proportion critique q_c en dessous de laquelle aucune diffusion n'a lieu et au dessus de laquelle la diffusion est totale, sauf dans le voisinage du seuil critique, où il se passe des phénomènes de clusters, avec des propriétés fractales, et où la diffusion s'arrête à un certain point.

²⁸⁵ Stauffer (REF) ;sur les applications marketing cf. par exemple Goldenberg, Libai, Solomon, Jan, Stauffer (2000)

Figure 4-25 : Percolation



A la fin des années soixante, les physiciens ont découvert que les réseaux aléatoires se comportaient au voisinage du point critique comme dans une situation de transition de phase (Hors, Lordon, 1994 ; Hors, 1995), ce qui a facilité leur étude. Ils ont mis en évidence des classes d'universalité, c'est à dire des comportements typiques qui apparaissent en général, sauf à l'exception de cas « pathologiques ». Ils ont également étudié les propriétés fractales, en particulier les valeurs de certains exposants critiques, et l'auto similarité des amas. Celle-ci se traduit par la régularité des propriétés statistiques, à différents niveaux d'observation, ce qui permet de mettre en œuvre des techniques de renormalisation (Lesne, 1996) pour étudier les propriétés du système. Pour l'instant, les modèles de percolation dans *Moduleco* (percolation de site et percolation de liens) n'ont aucune interprétation économique, et attendent des développements futurs.

4.3. Moduleco ; une plate-forme «multi-agents», fondée sur un modèle informatique original, conçu pour simuler les marchés, les phénomènes sociaux et la dynamique des populations»²⁸⁶

L'approche par les « *société artificielles* » repose sur la modélisation informatique. Il est intéressant de souligner les *liens* qui peuvent exister entre les principes de cette approche et les *méthodes de modélisation et de programmation informatique*. Ceux-ci peuvent résulter d'abord de la parenté entre *société artificielle* et *vie artificielle* et de l'inscription de ce dernier domaine dans le renouvellement paradigmatique en cours dans les champs des méthodes de résolution de problème et de « *l'intelligence artificielle* ». Mais ils trouvent également des correspondances dans l'évolution plus autonome des langages et des méthodes de programmation, avec la conception orientée objet.

4.3.1. Des méthodes pour l'économie cognitive : modélisation objet et architecture logicielle

On considère ici le marché comme un lieu où les agents interagissent selon des règles et des modalités spécifiées.

Le cadre général de la modélisation utilise une approche informatique dite « *objet* » qui est utilisée par exemple dans les simulations économiques multi-agents réalisées sur Swarm. On insiste plus particulièrement sur deux concepts clef de l'approche objet qui peuvent être utiles à l'économiste pour l'interprétation des hypothèses du modèle. Il s'agit de *l'héritage*, qui permet de préciser de manière de plus en plus fine les spécificités des agents à partir de catégories génériques initiales, et de *l'encapsulation*, qui internalise les comportements (méthodes) et les données dans l'objet, contraignant à expliciter soigneusement les processus de communication de l'information (par exemple les données) entre les objets.

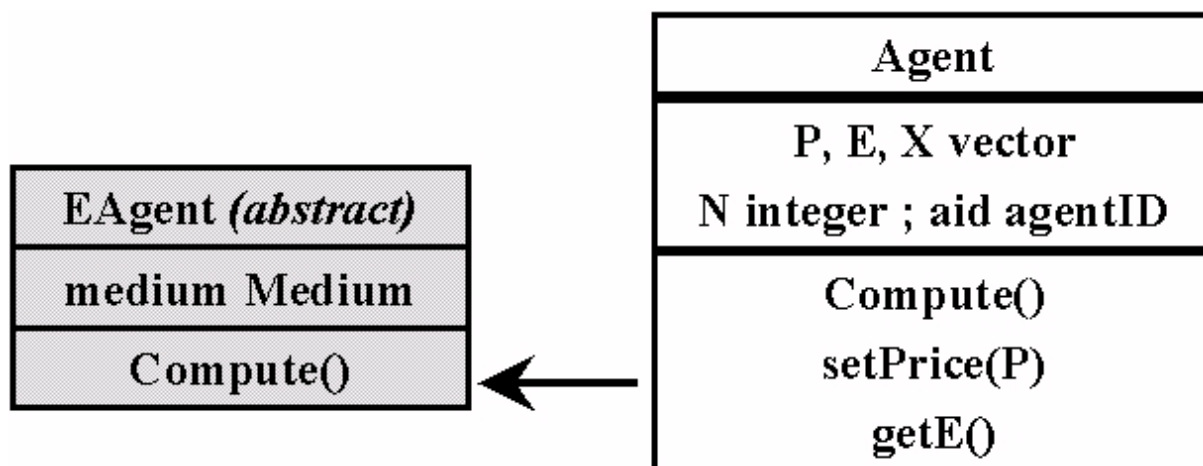
Epstein, Axtell (1996) font remarquer que l'utilisation des langages de programmation orientés objet est particulièrement appropriée à la modélisation fondée sur des agents. Les objets sont en effet des structures informatiques qui supportent à la fois des données (« *instances* ») et des procédures, (« *méthodes* ») et qui ont « *encapsulées* » ces attributs. Les agents et les entités environnementales peuvent ainsi être définies comme des objets. Les *variables d'instances* attachées aux agents-objets décrivent leurs états internes, et leurs règles

²⁸⁶ Beugnard, Phan (2001) <<http://www-eco.enst-bretagne.fr/~phan/Moduleco>>

de comportement seront décrites par les *méthodes* qui leur sont rattachées. La diversité des agents au sein d'une population dotée de caractéristiques génériques et la variation des attributs peut être prise en compte par les catégories de « *classes* »²⁸⁷ et « *d'héritage* ». Enfin la structure d'interaction peut être modélisée par des pointeurs et des listes d'objets.

Du point de vue de la sémantique économique, la *modélisation objet* explicite donc très soigneusement un grand nombre d'hypothèses institutionnelles et cognitives. Ces dernières concernent par exemple les *structures intra et inter - individuelles dans lesquelles se forment les décisions des agents et leurs interactions* (flux et représentation des informations, structures d'interactions, timing des processus, méthodes à la disposition des agents pour former leurs plans et les mettre en œuvre). Plus spécifiquement, ces hypothèses sont présentées dans un cadre intégré de modélisation utilisant la représentation diagrammatique UML (*Unified Modeling Language*).

Figure 4-26 : : héritage et diagramme de classe



La figure 4-26 montre la classe générique (abstraite) *Eagent*, cette classe en connaît une autre, la classe *Medium*, et possède une méthode *Compute()* ; Le consommateur néo-classique est modélisé ici par une classe *Agent* qui hérite de *Eagent* (c'est le sens de la flèche sur le diagramme). La classe *Agent* a une méthode *Compute()*, où seront programmés explicitement ses calculs optimisateurs. La méthode *setPrice()* lui permet d'obtenir un vecteur de prix (par exemple d'un *Medium* « marché », qui n'apparaît pas dans ce diagramme simplifié) et la méthode *getE()*, lui permet de renvoyer son vecteur d'excès de demande *E*. Les *attributs* de

²⁸⁷ Une *classe* est un programme écrit dans un langage informatique évolué qui traduit un modèle conceptuel objet. Une classe comprend des données et des procédures pour faire des calculs sur ces données. Les données sont parfois appelées *attributs*, ou variables. Les procédures calculables sont appelées *méthodes* ou fonctions

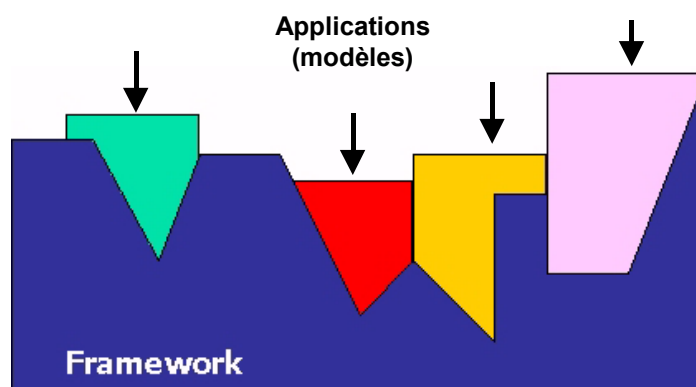
cet Agent sont son identificateur (de type AgentID), le nombre de biens N (entier) et les vecteurs de réels X (dotations initiales), E (excès de demande) et P (prix)

4.3.2. Les principes de *Moduleco*²⁸⁸

A - *Moduleco est un Framework modulaire et orienté objet, conçu pour les simulations multi-agents, qui utilise des medium pour formaliser la communication et les interactions entre agents.*

*Moduleco est un framework, c'est à dire une ensemble de classes hautement intégrées qui définissent une structure commune pour le plus grand nombre possible d'applications. Pour développer une application spécifique (un nouveau modèle) à partir du framework, dans le cas le plus simple, le programmeur doit juste redéfinir quelques classes du framework. Pour certaines applications, proches de l'existant cela peut se faire en une matinée. Pour des applications plus spécifiques ou plus complexes, des classes supplémentaires doivent être ajoutées pour permettre au modèle de fonctionner. Par exemple, le framework de *Moduleco* ne contenait pas de classes pour gérer la production de « sucre » sur le territoire du programme *Sugarscape*, réalisé d'après Epstein, Axtell (1996). Il a donc été nécessaire de développer des classes spécifiques à cet effet, qui ne sont pas dans le framework. Si de telles classes semblent utiles pour d'autres applications dans le futur, il faudra les généraliser en complétant le framework.*

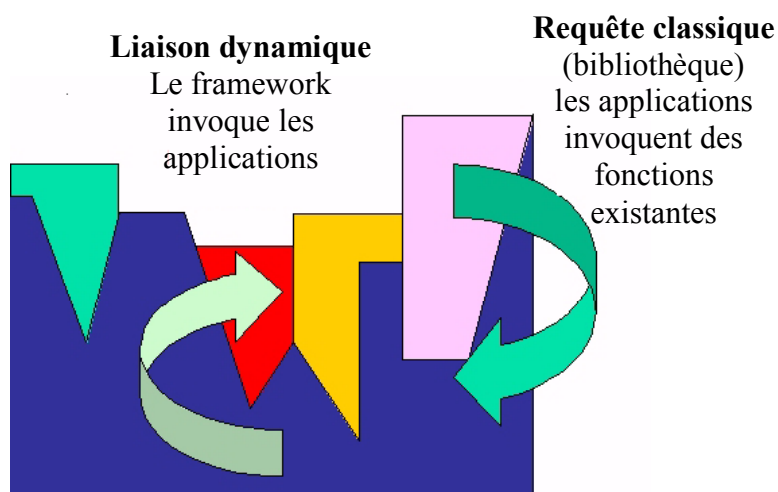
Figure 4-27 : Framework



²⁸⁸ Beugnard, Phan (2001)

En résumé, un *framework* est donc un ensemble de classes génériques dont les services sont réutilisables pour programmer de nombreuses applications. En pratique, dans le cas de *Moduleco*, le *framework* a été conçu pour mettre en œuvre les services partagés communs à toutes les simulations multi-agents sur des réseaux. C'est donc la *partie stable commune à toutes ces applications*. Nous allons en définir l'architecture dans ce qui va suivre. Cependant, comme on l'a signalé précédemment, le *framework* peut évoluer quand les concepteurs découvrent de nouvelles classes qui peuvent devenir de nouveaux éléments génériques (appelés classes abstraites) destinés à être partagés dans plusieurs applications. Par exemple, dans les premières versions du *framework*, celui-ci ne gérait pas les réseaux à structure d'interaction variable dans le temps ni la redéfinition dynamique des couples à chaque itération dans les confrontations bilatérales de type *random pairwise matching*. Les déplacements d'agents n'étaient pas non plus pris en charge. Dans la version actuelle, des agents mobiles ont été définis dans ce but, et des structures de voisinage *RandomPairwise* et *NeuronalNetwork* ont été ajoutées au *framework*.

Figure 4-28 : liaison dynamique

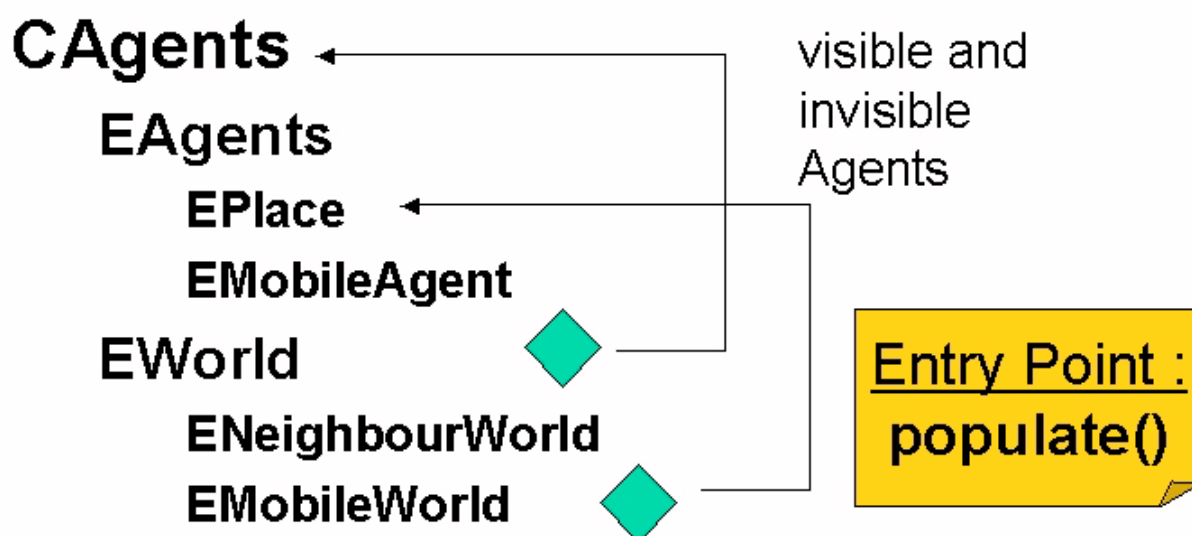


Les liaisons dynamiques « classiques » de la programmation procédurale, les programmes peuvent faire appel à des fonctions ou des services disponibles dans des bibliothèques. Les informaticiens disent que les applications « *invoquent* » (appellent) la fonction ou le service en question. En plus de cette facilité, la liaison dynamique *invoque* les applications qui hériteront des applications du *framework*. Par exemple, si une classe hérite de la classe agent du *framework* elle doit nécessairement avoir une méthode « *compute()* » (calcul) et une méthode « *commit()* » (validation). En effet, il est prévu de manière générique qu'un agent effectue des calculs et les valide. Le programmeur d'application n'a pas à se préoccuper de

savoir quand et comment ces méthodes seront invoquées, car tout cela est déjà organisé dans le *framework*. Il doit juste écrire les contenus des calculs qu'il souhaite que son agent exécute, et la séquence selon laquelle ces calculs seront validés lorsque les classes du *framework* invoqueront la méthode *commit()*. *Framework* et liaisons dynamiques permettent ainsi une remarquable économie de moyens au niveau de la programmation, et un gain de temps considérable pour le programmeur d'applications.

* *La structure de Moduleco*

Figure 4-29 : héritage et hiérarchie des agents dans *Moduleco*



Les principes du modèle qui est au cœur de *Moduleco* repose sur la classe *CAGENT* qui est à la racine hiérarchique des classes d'agents. Les sous-classes directes sont *EAGENT* qui peut représenter tous les agents individuels en général, et *EWorld* qui représente tout *ensemble d'agent*, mais qui peut aussi être considéré comme un unique *agent « composite »*.

La classe qui hérite de *EWorld* la plus souvent utilisée est *ENeighbourWorld* qui est composée de *CAgents* interconnectés à travers un voisinage (*Neighbourhood*). On va voir plus loin que le voisinage est un cas particulier de *medium*, et donc que *Neighbourhood* hérite de la classe *medium*. La classe *EMobileWorld* hérite également de *EWorld*. Elle représente un ensemble de classes *EPlaces*, qui peuvent eux-mêmes accueillir des *EMobileAgent* qui héritent de *Eagent* (et donc à travers lui de *CAGENT*). Un *EmobileAgent* peut se déplacer de *EPlace* en *EPlace*, tout en restant à l'intérieur du *EMobileWorld*.

Le *point d'entrée* de ce niveau de la structure est la méthode *populate()* qui permet de peupler un *Eworld* de *Eagents*. Il convient de noter que nous sommes ici au niveau abstrait du *framework*, et que les implémentations de ces catégories génériques peuvent demander des

redéfinitions de ces classes. Par exemple, dans chaque modèle, la classe Agent hérite de Eagent. Mais il se peut que l'on ait besoin d'agents supplémentaires (extra agents dans le langage de *Moduleco*). Le développeur d'application crée alors une classe spécifique. Par exemple, dans le modèle *auctioneer*, qui modélise un marché walrassien avec commissaire priseur, le commissaire priseur est un extra-agent dont la classe s'appelle précisément *auctioneer*. Cet agent est invisible sur la plate-forme, mais on peut cependant éditer ses attributs (paramètres). De même, dans le modèle de concurrence en tarifs binôme avec externalité, il y a autant d'extra-agents que de concurrents. La classe correspondante se nomme *competitor*. Dans le langage de la modélisation objet, on dit alors que chacun de ces concurrents est une *instance* de la classe *competitor*.

** La construction des voisinages et les zones d'évolution*

La classe NeighbourBuilder construit le voisinage de chaque agent Par exemple :

- *WorldZone*
- *NeighbourVonNeuman*
- *NeighbourMooreAndSelf*
- *BoundedRandomZone*



La zone qui évolue à chaque période est définie par la classe *ZoneSelector*. Par exemple :

- *WorldZone*
- *RandomIndividualZone*
- *RandomZone*
- *BoundedRandomZone*



** L'évolution du monde*

L'évolution du monde est contrôlée par la classe TimeScheduler qui fait évoluer la simulation selon les zones d'évolution, selon deux procédés :

- *LateCommitScheduler* : les agents déterminent simultanément leur comportement sur la base de l'information disponible à la fin de la période précédente et produisent une information qui sera disponible pour la période suivante
- *EarlyCommitScheduler* : les agents déterminent séquentiellement un comportement sur la base de l'information disponible au moment de leur choix. L'information produite est immédiatement disponible pour les agents qui y ont accès dans leur structure de voisinage, s'ils n'ont pas déjà fait leur choix dans cette période.

* *Les medium dans Moduleco*

Dans *Moduleco*, nous avons trois types d'agents, chacun avec ses règles et ses relations avec les autres agents :

- Le "monde" (Eworld) contient un ensemble d'agents économiques et de médiums. Faire évoluer le monde, c'est faire évoluer chacun de ces agents et chacun de ces médiums.²⁸⁹
- Les agents (Eagents) connaissent le monde auquel ils sont attachés et les médiums (marchés) auxquels ils participent (avec éventuellement différents rôles). Pour évoluer, un agent consulte son état (qui pourrait contenir une représentation qu'il se fait du monde...) qui a pu être altéré par les marchés, puis agit, en sollicitant les marchés et en modifiant son état interne.
- Les "agents" médiums (Emedium) connaissent le monde auquel ils sont attachés et les agents qui leur sont connectés (en fonction de leur rôle). Pour évoluer, un médium consulte son état qui a pu être altéré par les agents, puis décide une action selon les règles propres à son marché.

Finalement, la figure 4-30 synthétise les principaux éléments du Framework. On notera que le ZoneSelector sert à la fois au Scheduler et à la définition des voisinages pertinents, ce qui permet de réaliser des économies de code. Enfin, la figure 4-31 synthétise les échanges d'informations entre agents et les différentes méthodes actives dans le modèle de compétition en tarif binôme avec externalité de réseau localisé.

²⁸⁹ On a ici de nombreuses variantes qui sont peut-être dignes d'intérêt : évolution de tous les agents puis tous les médiums, évolution de tous les médiums puis de tous les agents, au hasard, entrelacés, etc.

Figure 4-30 : une représentation UML de l'architecture de *Moduleco*

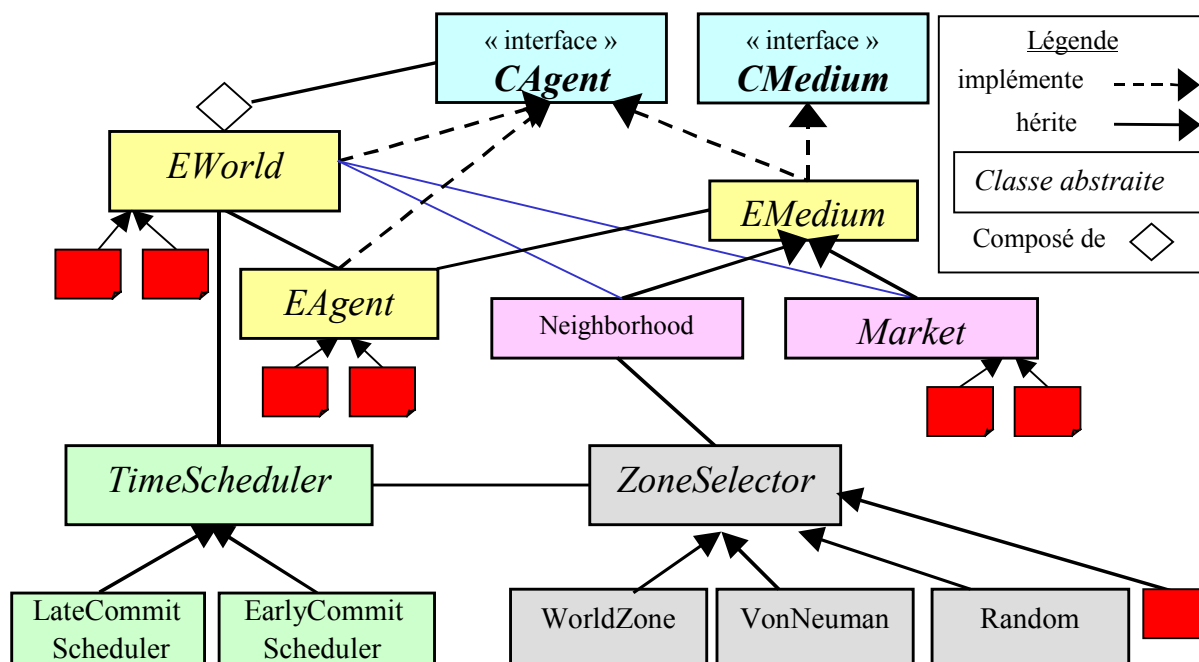
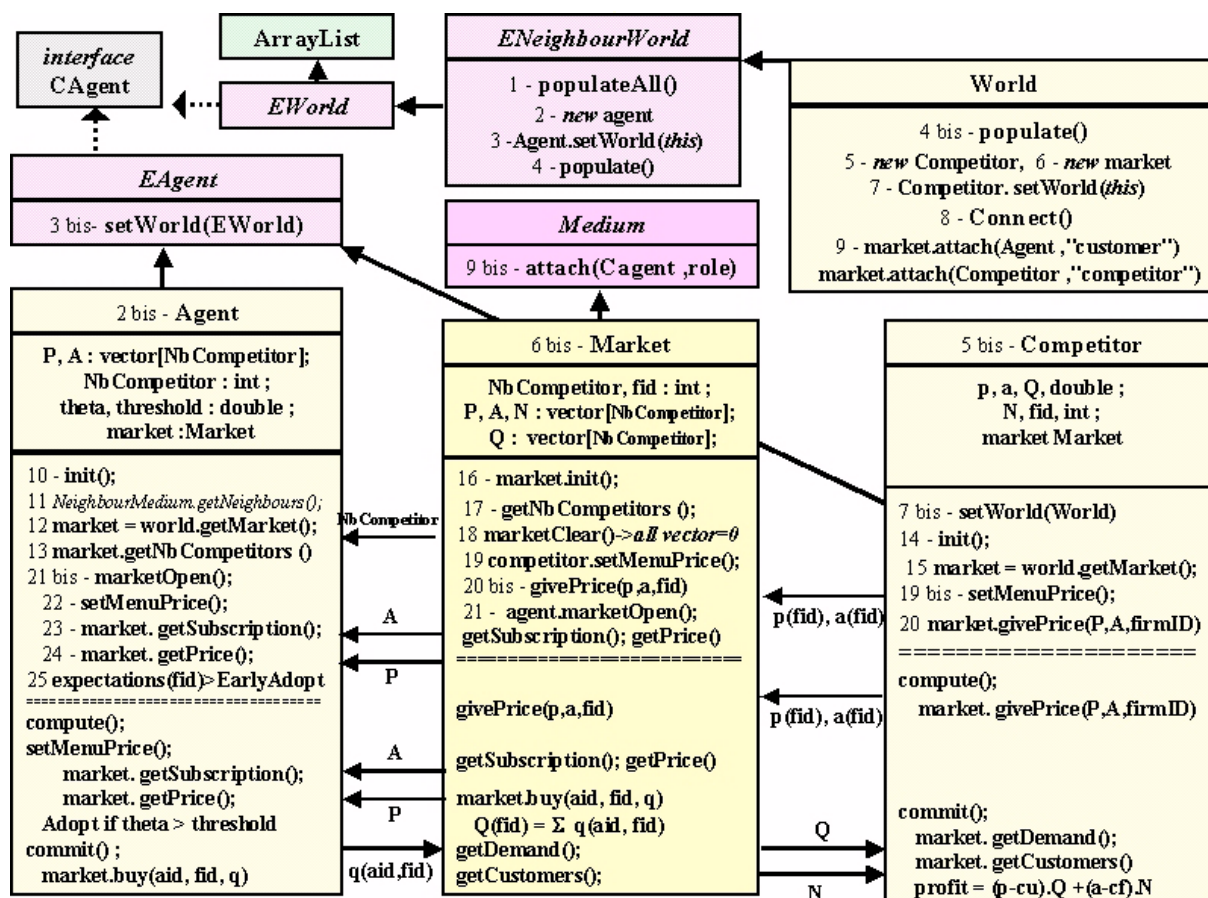


Figure 4-31 : une représentation UML de la compétition en tarif binôme avec externalité



Conclusion

Le marché, conçu comme un *système social interactif et cognitif complexe* : un objet idéal pour les investigations « *d'économie historique* »

1 - Bilan de la réflexion méthodologique sur le projet sous-jacent aux travaux présentés (par delà les contingences et les opportunités).

Nous sommes partis d'une étude à la fois historique et économique des conditions d'émergence du *fordisme* dans l'entre-deux-guerre. Cette étude nous a mis sur la piste de deux résultats assez généraux sur les conditions de morphogenèse des structures sociales²⁹⁰.

Premièrement, il arrive très souvent que les *intentions* des acteurs qui introduisent une innovation *ne correspondent pas* avec la *fonction* que remplira ultérieurement l'élément correspondant à cette innovation dans la structure sociale où il vient s'insérer. Cette observation est à mettre en rapport avec la tendance qu'ont les hommes à regarder vers le futur avec des structures mentales tournées vers le passé (posture que nous avons qualifiée de « *ournée vers l'arrière* »). Mais il ne s'agit pas là de la seule cause de cette divergence entre les intentions et les fonctions sociales. On remarquera également que la transformation fonctionnelle ultérieure peut provenir - et provient souvent - d'un acte humain délibéré et intentionnel, mais cela n'empêche pas que la dérive éventuelle de la fonction de l'élément considéré dans le système jusqu'à ce nouvel acte fondateur puisse se faire à l'insu d'une partie, voire de la totalité des personnes concernées.

Deuxièmement, la morphogenèse d'une nouvelle structure sociale peut prendre du temps, dans la mesure où chaque élément d'un système peut voir sa fonction ou sa portée modifiée par l'émergence d'un nouvel élément ou d'une nouvelle structure aussi bien que par le changement de nature ou de fonction d'une structure ou d'un élément déjà existant. Des éléments apparus séparément pour remplir une certaine fonction peuvent se retrouver en interaction et « *faire système* » et par la même changer de fonction ou acquérir de nouvelles

²⁹⁰ Que l'on entendra ici dans le sens le plus large d'objet ou de relation sociale *créé par l'action humaine en société*, ce qui comprend les dimensions technologiques et institutionnelles.

fonctions. Dans une telle perspective, il est clair que de telles dérives fonctionnelles peuvent survenir du fait d'une action humaine intentionnelle orientée vers cette finalité, ou du fait des conséquences conscientes ou inconscientes d'actions orientées vers d'autres finalités.

La partie économique de l'étude sur l'industrie automobile citée plus haut avait été réalisée en son temps sans recours à l'économie industrielle, c'est à dire avec des méthodes largement dérivées de la macroéconomie, complétées par une perspective financière, des méthodes d'économie du travail et les techniques de narration raisonnées de l'historien. La difficulté d'intégrer ces différentes dimensions relève clairement d'un *manque de réflexions sur les conditions théoriques d'articulation des différents points de vue nécessaires pour rendre compte des processus de morphogenèse sociale*.

Ce manque de réflexion n'a pas été favorisé par un certain nombre de contingences dans les évolutions de l'environnement académique. La discussion du contexte intellectuel plus général dans lequel cette étude est venue s'insérer a montré l'existence d'une tension entre l'économie et l'histoire qui relève à la fois d'une question de méthode et d'une question d'autonomie dans les trajectoires disciplinaires académiques. Alors que de possibles convergences auraient (peut être) pu s'instaurer entre historiens-économistes sensibles à la dimension théorique et économistes historiens, cela s'est peu traduit dans les faits pour trois raisons au moins.

Premièrement, un retour des historiens vers le sujet et l'évènement et un désintérêt plus marqué vis à vis des grandes synthèses en longue-durée, ont éloigné ces derniers du sous-ensemble des économistes intéressés par l'historicité des institutions.

Deuxièmement, curieusement, sous l'influence anglo-saxonne, un rapprochement a bien eu lieu entre économistes et historiens, mais celui-ci ne concerne aucun des deux courants visés par l'appel de Robert Boyer (1991). Au contraire, des historiens américains, inspirés par le positivisme logique et ce que Ricœur (1983) appelle le « *modèle nomologique* » en histoire, se sont retrouvés avec des économistes orthodoxes pour appliquer à l'histoire les formalisations a-temporelles de la théorie standard. Cette démarche, qui comprend la *new economic history*, rejette les aspects narratifs vers lesquels prétendent justement retourner les historiens français. Par contre elle réalise la synthèse histoire économique, mais dans une perspective non génétique, qui ne correspond pas à notre objectif.

Troisièmement, l'exercice qui consiste à tenter la synthèse pluridisciplinaire chez un même individu est extrêmement risqué, comme le souligne l'historien Dosse (1995). Les critères, les

méthodes et les points de vue sont trop éloignés pour qu'une simple lecture des travaux des uns et des autres suffisent à créer la synergie souhaitée, bien au contraire. Mieux vaudrait sans doute, comme il le suggère mettre en place des *équipes transdisciplinaires*, au sein desquelles les pratiques des uns et des autres viendraient se questionner réciproquement pour ultérieurement se féconder. L'expérience de *Moduleco* nous a appris dans ce domaine qu'on comprend mieux l'esprit et les méthodes d'une autre discipline en se faisant l'élève de son associé qu'en voulant chercher *seul* à pénétrer par effraction dans sa discipline.

En ce qui concerne les concepts intermédiaires qui ont manqué, une première investigation s'est traduite par la recherche d'un enrichissement mutuel entre les perspectives évolutionnistes, en particulier la notion de *paradigme technologique*, et une vision sectorisée des concepts de la régulation (Chapitre 1 section 2 ; et Chapitre 2 pour les applications). Ce rapprochement a apporté la preuve d'une certaine fécondité, même *si la réflexion méthodologique sur l'articulation entre ces deux dimensions n'a été qu'esquissée* (Phan, 1996, annexe 1 et Chapitre 1 section 2 & 3). En particulier, *cela n'a pas résolu la question de l'articulation entre les processus morphogénétiques et la représentation structurale « en régime »*. Bien souvent, à cette articulation non conceptualisée, on a *substitué la forme narrative* de l'historien, pour mettre en évidence les contingences qui ont conduit vers un *régime* particulier, justiciable d'une analyse d'économique historique.

Les réflexions menées à la fin du chapitre 1 (section 3), postérieures en partie aux travaux présentés dans le chapitre 2, donnent la direction dans laquelle nous entendons aller. Les travaux du chapitre 2 ont eux apporté une *matière empirique propice à cette réflexion méthodologique*. La référence au structuralisme génétique de Piaget date de la postface de la maîtrise d'histoire sur Renault (Phan, 1983). Elle était à l'époque fortement ancrée dans une réflexion d'origine structuralo-marxiste (cf. par exemple Goldman, 1970) et tous les enjeux n'en avaient pas été perçus. Le retour à cette référence dans une problématique plus explicitement cognitive (et donc plus proche de la démarche originelle d'étude psychogénétique et ontologique de Piaget) ouvre sans doute de meilleures perspectives. La lecture d'Habermas (1976b) vient nous conforter dans l'opinion qu'il est bien nécessaire d'articuler *deux approches complémentaires* et irréductibles pour étudier les régimes et les conditions de la morphogenèse des structures qui conditionnent et caractérisent ces régimes.

Pour éprouver cette démarche, *le marché* a été choisi comme champ d'investigation. En effet, nous avons vu que les dimensions macroéconomiques et sectorielles mettaient en cause des déterminations sans doute trop nombreuses et trop complexes pour se prêter aux

investigations envisagées. Par ailleurs, le marché est (devrait être ?) un lieu privilégié d'étude pour l'économiste. C'est l'élément central de la société marchande, où se réalise par *l'échange monétaire* la *validation sociale* des biens détenus par les uns et par les autres. Le marché est une unité suffisamment fermée et de petite dimension pour que l'on puisse faire abstraction de nombreuses contingences extérieures, sans pour autant perdre en richesse de déterminations. Si l'on considère le marché comme un système social interactif et cognitif et complexe, toutes les dimensions comportementales, communicationnelles, organisationnelles, institutionnelles, et même techniques que nous avons évoquées sont en effet présentes.

On peut ainsi étudier la morphogenèse d'un marché à travers tout ce qui influence les *processus historiques* et les trajectoires : les aspects intentionnels et non-intentionnels de l'action, le poids de la communication de l'information, de l'influence sociale et des représentations sur la formation des anticipations et la prise de décision, les effets de composition etc. d'un autre côté on peut aussi étudier les possibles *régimes* qui traduisent le fonctionnement normal du marché : les structures organisationnelles, techniques, institutionnelles, les procédures d'équilibrage et d'échange, la circulation de l'information, la formation des prix, etc.

Enfin, on peut relativement bien simuler un marché au moyen d'une plate-forme multi-agents, afin d'en comprendre le fonctionnement ; et il est plus aisé de simuler un marché que de simuler la société marchande dans son ensemble : au total, le marché est bien un lieu privilégié pour réaliser *des applications réalistes des méthodes de l'économie historique*.

2 - Développements ultérieurs envisagés.

Les évolutionnistes réunis autour de Giovanni Dosi développent les aspects formels d'un projet de finalité similaire à celui qui est présenté ici. Des institutionnalistes proches de Hogson, comme Jason Potts (Potts, 2001) développent parallèlement leur propre démarche. Les résultats qu'ils produiront viendront certainement en partie enrichir notre démarche. Le détour par les modèles de la *théorie standard élargie*, brièvement présentés au Chapitre III et la participation au GDR CNRS d'économie cognitive (Phan, 2000 ; Phan, Beugnard, 2001), nous suggèrent une autre voie. Parmi les économistes issus de la *théorie standard élargie*, ou de la théorie des jeux, un certain nombre sont actuellement entrain *d'explorer les frontières*, aux Etats Unis ou en Europe, que ce soit au moyen du *programme cognitiviste*, ou du *programme évolutionniste* (selon la terminologie de Walliser, 2000). Mais le problème reste posé de l'intégration de ces deux dimensions.

Sans mésestimer la difficulté de la tâche, le développement de la plate-forme logicielle *Moduleco*, vise à terme l'intégration à des fins de modélisation et de simulation ces deux dimensions, en *partenariat transdisciplinaire* avec toutes les composantes qui participent au GDR d'économie cognitive (économistes et gestionnaires, mathématiciens, théoriciens de la décision, psychologues, sociologues, physiciens, logiciens et spécialistes d'intelligence artificielle). Mais de la coupe aux lèvres, la trajectoire est encore longue. Dans la phase actuelle, trois directions intermédiaires devront être menées à bien.

(1) Une amélioration de la plate-forme elle-même. Sa possible intégration avec d'autres éléments provenant d'autres plate-formes ou même au sein d'une plate forme plus générique n'est pas exclue à long terme et des coopérations ont été initiées dans ce sens. Dans l'immédiat, un certain nombre d'améliorations restent cependant nécessaires, en particulier la production de plusieurs supports de documentation et de communication à destination de tous ceux qui pourraient être intéressés par *Moduleco*, soit comme utilisateurs, soit comme programmeurs d'application, soit même comme contributeurs au Framework. Cette première dimension suppose également une réflexion sur *l'architecture des composants* du programme en liaison avec une *réflexion conceptuelle* sur *l'architecture des éléments* de toutes natures qui interviennent dans le fonctionnement des marchés, sans oublier les liens relationnels entre ces éléments.

(2) Une exploration, à l'aide de modèles formels et de *Moduleco* des mécanismes d'apprentissage et de choix en situation d'incertitude, en particulier des applications du *compromis exploration exploitation*, et des *systèmes de classifieurs*. Cette dimension devrait pouvoir s'ouvrir progressivement à la prise en compte d'interactions localisés et de conceptualisation par les agents de structures émergentes.

(3) Des travaux sur les dimensions *évolutionnistes et interactionnistes* du programme de l'économie cognitive, en particulier l'exploration de l'effet des *réseaux sociaux* de toutes natures ainsi que des effets de la communication de l'information sur les représentations individuelles et sur la décision. Cette direction devra conduire progressivement du simple au plus complexe, en particulier, la co-évolution de populations de caractéristiques différentes, y compris dans leurs caractéristiques cognitives et/ou communicationnelles.

La conduite à son terme des programmes (2) et (3), pour peu que l'accompagnement logistique soit assuré du point de vue du programme (1) devrait permettre de mener l'intégration complète des deux dimensions évoquées. La condition, bien entendu, est de mener ces programmes à leur terme, ce qui est loin d'être évident.

Index

- Abernathy W.J.,75, 161, 288
 Abraham-Frois F.,288
 Abreu D.,276
 Aglietta M.,44, 45, 66, 86, 88, 93, 118
 Aharony A.,318
 Akerlof G.A.,211
 Akerman J.,16
 Amable B.,45, 57, 66
 Amstrong M.,223
 An M.,313
 Ancelin C.,236
 Anderson P.W.,250, 314
 André C.,7, 10, 34, 45, 46, 50
 Antonelli C.,78, 151
 Aoki M.,265, 267
 Aron R.,3, 9, 14, 26, 35
 Arrow K.J.,160, 166, 185, 211, 250
 Arthur B.W.,5, 19, 20, 34, 124, 250, 261, 265, 270
 Artus P.,44
 Ashby W.R.,38
 Asselain J.C.,46
 Atlan H.,117, 255
 Auerbach P.,181
 Axelrod R.,33
 Axtell R.,34, 37, 250, 320, 322
 Ayres R.,22
 Bain J.,186
 Bak P.,2, 287, 290, 296, 297, 307, 308, 309
 Banerjee A.V.,260
 Bankes S.,37
 Baran P.A.,29
 Barbet P.,145
 Bartoli P.,77, 82
 Basle M.,63, 69, 145, 207
 Battaglini M.,34
 Baumol W.J.,182, 221
 Beesley M.E.,142
 Benabou R.,34
 Benassy J.P.,43, 44
 Benzoni L.,135, 145, 171
 Bertrand H.,30, 44, 46, 70
 Beugnard A.,8, 248, 320, 322, 331
 Beunardeau A.,121, 142
 Billaudot B.,22, 34, 35, 44, 45, 66, 87, 96, 97, 110, 112, 118
 Binmore K.G.,34, 107, 115, 276
 Blume L.E.,34, 116, 265, 270, 311
 Boettcher,307
 Bois G.,62
 Bonabeau E.,37, 87, 250, 251, 260, 265, 266
 Bosserelle E.,22, 73
 Boudon R.,33, 107, 109
 Boulet D.,77, 82
 Bourdieu J.,33, 81, 97, 111
 Bourdin J.,50
 Bourguine P.,8, 37, 111, 152, 260, 261, 262, 313
 Bourguignon F.,55
 Bouvier J.,6, 11, 13, 22, 31, 40, 46, 58, 60, 63, 64, 65, 69
 Bowles S.,33, 34
 Boyer R.,6, 21, 22, 23, 24, 32, 34, 35, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 52, 55, 57, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 77, 79, 80, 82, 85, 86, 106, 115, 116, 240, 288, 329
 Braudel F.,11, 22, 61, 62, 68
 Bresson A.,57
 Broasbent S.R.,318
 Brock W.A.,116, 265, 270, 311, 313, 315, 316
 Brousseau E.,7, 8, 77, 122, 135, 137, 145, 153, 161, 164, 175, 182
 Brown,226

- Brunetière (de la) J.,133
 Builder C.,37
 Bulow J.I.,313
 Bunge M.A.,26
 Bunn J.A.,170
 Burdett K.,185
 Burt R.,34, 244
 Caron F.,70, 71
 Cassier I.,31
 Chabchoub N.,207
 Chandler A.D. Jr,132, 153, 157
 Chartres J.A.,46, 86
 Chavance B.,32
 Chen K.,309
 Chenevez O.,313
 Clark J.,24, 72
 Clio J.,55, 61, 64
 Coase R.H.,91
 Cohen Y.,33
 Collingwood R.G.,12, 58
 Colton J.,56
 Conte R.,37
 Cooper R.,313
 Coriat B.,35, 45, 86, 92, 115
 Cot J.P.,32
 Cowan R.,110
 Curien N.,7, 18, 117, 133, 138, 182, 183, 206, 208,
 218
 Dalle J.M.,20, 87, 265, 270, 275, 311, 313, 316,
 317
 Dang Nguyen G.,41, 53, 57, 70, 94, 121, 122, 124,
 125, 135, 143, 144, 145, 146, 154, 158, 159,
 170, 174, 182, 184, 220
 David P.A.,5, 18, 19, 20, 30, 32, 34, 74, 116, 124,
 170, 261, 270, 279, 318
 Davis L.,16, 17, 89
 De Bernis G. (Destanne),21
 de Bresson C.,57
 de Gennes P.G.,318
 Degenne A.,114
 Delapierre M.,167, 185, 237
 Delattre P.,102, 278
 Deleau M.,44
 Delorme R.,45
 Depretto, J.P.,46, 56, 243
 Deroïan F.,7, 271, 277, 309
 Diamond P.,185
 Didry C.,48, 53, 57
 Dilthey W.,3, 9, 13, 14, 26, 60
 Dixit A.,189, 192
 Dockès P.,4, 5, 18, 20, 21, 22, 24, 46, 50, 54, 82,
 151
 Dorigo M.,87, 265
 Dosi G.,7, 16, 34, 35, 41, 69, 75, 76, 77, 86, 115,
 135, 171, 259, 260, 270, 331
 Dosse F.,11, 22, 34, 58, 59, 60, 61, 62, 329
 Douzal V.,261
 Doyle C.,223
 Du Tertre C.,82, 86
 Dupuy J.P.,27, 87, 244, 259
 Durand J.P.,64
 Eldredge N.,288, 308
 Elias N.,106
 Ellison G.,270, 276, 311
 Elster J.,17, 22, 34, 107
 Epstein J.M.,34, 37, 320, 322
 Ermoliev Y.,19, 270
 Fagiolo G.,259, 260
 Fararo T.J.,242, 270, 311
 Faucher P.,57
 Favereau O.,7, 17, 31, 34, 86, 110, 181, 241
 Festinger L.,93, 272
 Fisher F.,241
 Föllmer H.,270, 311
 Fontvielle L.,22, 63, 69
 Foray D.,19, 78, 87, 94, 125, 159, 160, 161, 265,
 275, 318
 Forsé M.,243
 Foss N.J.,153
 Fouquet D.,44

- Fourquet F.,66
Fransman M.,125, 156
Freeman C.,24, 41, 72, 74, 75, 85
Frenken K.,238
Fridenson P.,56, 63, 64, 125
Friedman M.,262
Frydman R.,244
Fudenberg D.,34, 144
Furet F.,63
Galam S.,32
Gallouj F.,238
Gambier D.,243
Garud R.,169
Gensollen M.,18, 138, 183, 206, 208, 218
Genthon C.,123, 158, 162, 166, 167, 168, 169, 170
Gerard-Varet L.A.,167
Giddens A.,34, 107, 111, 113, 114
Gilbert N.,37, 275
Gille B.,70, 84
Gillet M.,63
Gittins, J.C.,110, 262, 264
Glachant J.M.,141
Gleick J.,5
Godard O.,32
Godelier M.,24
Goldenberg J.,318
Goldmann L.,330
Gould S.J.,288, 308
Granovetter M.S.,8, 34, 110, 112, 113, 241, 242, 243, 244, 270, 311
Greenstein S.,170
Grossman G.M.,189
Guerreau A.,11, 13, 20
Guerrien B.,241
Guertman M.,153
Guillaume H.,20
Habermas J.,3, 18, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 113, 114, 330
Haken H.,95
Hammersley J.M.,318
Hardy-Hemery O.,63
Harsanyi J.,267
Hatzfeld H.,52, 63
Hayek F.A.,185, 239
Heffer J.,63
Helpman E.,189
Henriet D.,183
Herreiner D.,7, 187
Herzog P.,44
Heudin J.P.,2, 3, 32, 287
Hey J.D.,185
Hilferding R.,29
Hirshleifer D.,270
Hobbes T.,113
Hodgson G.M.,6, 18, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 69, 77, 115, 181
Hofbauer J.,267
Holland J.,33, 37, 261
Hollingsworth J.R.,77
Hopfield J.,282
Hors I.,124, 319
Hounshell D.A.,71
Hugon P.,151
Jacot J.H.,21, 288
Jacquemin A.,16
Jan N.,318
Jipp,135
Johsen S.,277
Judd K. L.,144, 185, 189
Jullien N.,123, 158, 166, 171, 172, 238, 275, 311, 316, 317
Jutand F.,171
Kaldor N.,288
Kandori M.,268
Kaniovski Y.,270
Kauffman S.A.,2, 274, 283, 285, 286, 287, 292, 296, 297, 309
Kemos A.,122, 145, 207
Kindermann R.,270, 311
Kindleberger C.P.,63

- Kirchkamp O.,270, 276, 311
 Kirman A.,7, 32, 34, 87, 187, 245, 266, 271, 311, 313
 Kirzner I.M.,239
 Klemperer P.D.,186, 313
 Klos T.B.,158
 Knight F.,152
 Kohn M.G.,185
 Kontkiewicz Chachulska H.,122, 149, 152
 Kuczynski J.,63
 Kuhn T.S.,75
 Labrousse E.,31, 43, 62
 Laffont J.J.,7, 182, 185, 211, 212, 213, 216, 219, 222, 223, 226, 233, 235, 236
 Lambert J.P.,196
 Lancaster K.,237, 239
 Lane D.A.,34, 37, 250, 260, 265
 Lange O.,38
 Langlois C.V.,11, 153
 Langton C.G.,3, 37, 260, 286, 287
 Latouche S.,9, 14, 55, 65, 67, 68
 Le Moigne J.L.,118
 Le Roy Ladurie E.,62
 Leakey R.,288
 LeGoff J.,60
 Leloup B.,111, 152, 249, 250, 262, 274, 313, 316
 Léon O.,21, 54, 122, 207
 Lesne A.,319
 Lesourne J.,15
 Lettau M.,262
 Levine D.K.,34
 Lévy P.,28
 Lévy Strauss C.,58
 Lewin R.,287, 288, 308, 309
 Lewis D.K.,63
 Libai B.,318
 Lipietz A.,35
 Lippman S.A.,185
 Littlechild S.,142, 206, 239
 Livet P.,244
 Longuet S.,239
 Lordon F.,45, 57, 66, 88, 91, 93, 95, 96, 319
 Lotter F.,153, 157
 Loubet J.L.,65
 Luhmann N.,98, 100
 Lundwall B.A.,150
 Mailath G.,267, 268
 Mairesse J.,48, 49
 Malgrange P.,23, 44
 Mandelbrot B.,5, 28
 Marchand M.,236
 Marengo L.,34, 259, 260, 261
 Margairaz M.,40
 Mariotti,75
 Marx K.,8, 24, 34, 67, 69
 Mattick P.,288
 May R.M.,251, 270
 Maynard Smith J.,267
 Mazier J.,44, 46, 63, 69
 McCall J.J.,185
 McKusic M. K.,169, 172
 Mensch G.,72
 Metcalfe J.S.,238
 Michel A.P.,57, 65
 Milgram S.,242
 Miller J.,37
 Mistral J.,43, 44, 45, 80
 Moscovici S.,32
 Mounier J.P.,32
 Moutet A.,63
 Mowery D.C.,167
 Mueller M.,126, 128
 Muet P.A.,44
 Nadal J.P.,7, 8, 249, 311, 313
 Nelson R.R.,16, 18, 78, 115, 150, 157
 Newman M.E.J.,288, 308
 Nicolis G.,2
 Nooteboom B.,158
 Nora P.,60
 North D.C.,16, 17, 89

- Noumba Um P.,131, 132
 Nowak M.A.,251, 270
 Ockman S.,186
 Oddou C.,7, 271, 311
 Olive G.,44
 Packard N.H.,287
 Paczuski M.,307, 309
 Palmer R.G.,288, 308
 Panzard J.C.,182
 Passeron, J.C.,14, 58
 Pavaux J.,141
 Pedersen S.,52, 56
 Perez C.,41, 72, 75
 Perroux F.,32, 72, 89
 Petersen B.C.,144
 Petit P.,7, 8, 41, 45, 66, 70, 77, 82, 86, 122, 135,
 137, 145, 161, 164, 175, 181, 182
 Piaget J.,3, 9, 23, 24, 42, 60, 61, 97, 101, 102, 103,
 104, 106, 275, 279, 330
 Piatecki C.,115
 Picard P.,189, 199, 206
 Picaud Y.,46
 Pinot R.,52, 56
 Plouraboué F.,7, 271, 277, 309
 Podevin G.,46
 Poincaré H.,5, 247
 Polanyi K.,241
 Pólya G.,19, 270
 Popper K.,2
 Potts J.,34, 331
 Pratt J.W.,185
 Prigogine I.,2, 3, 5
 Prost A.,3, 12, 13, 50, 58, 59, 60, 64
 Quelin B.,78, 122, 133, 150, 155, 156
 Rémond R.,50
 Reynaud B.,34, 35, 66, 87, 88
 Rickert H.,9, 26
 Ricœur P.,2, 12, 13, 58, 65, 329
 Riordan M.,158
 Rioux J.P.,50, 54, 56
 Rob R.,268
 Robertson P.L.,153
 Rosenberg N.,160, 239
 Rosier B.,4, 5, 18, 20, 21, 22, 24, 77, 151, 288
 Rostow W.W.,69
 Rothschild M.,262
 Rubinstein A.,276
 Ruelle D.,5
 Saillard Y.,66, 77
 Salais R.,82, 112
 Salop S.C.,186, 203
 Samuelson L.,15, 34, 267, 275, 276
 Samuelson P.A.,15
 Sargent T.J.,261
 Saussier S.,158
 Sauvy A.,63
 Saviotti P.P.,238
 Scheinkman J.A.,309
 Schelling T.S.,38, 256, 257, 258, 270, 274
 Schewitzer S.,46
 Schmalensee R.,16, 186
 Schmookler J.,72
 Schotter A.,244
 Schumpeter J.A.,3, 8, 9, 26, 67, 72, 94, 95
 Seignobos C.,11
 Selten R.,267
 Shaked A.,186
 Shapiro C.,169, 186
 Sharkey W.W.,182
 Shavell S.,185
 Shubik M.,309
 Sibley,226
 Sigmund K.,267
 Simmel G.,2, 12, 109, 113
 Simon H.A.,32, 38, 132
 Simon J.P.,132
 Skvoretz J.,270, 311
 Snell J.L.,270, 311
 Sneppen K.,276, 290, 297, 307
 Soete L.,24, 72, 74, 75, 85

- Solal P.,270, 276, 311
 Solomon S.,318
 Sommer T.,78, 89, 90, 92, 122, 150, 153, 157
 Spence M.,185
 Sperber D.,89, 96, 107, 108, 111
 Spitzer F.,311
 Stallman R.M.,172
 Stauffer D.,318
 Steyer A.,7, 271, 277, 309
 Stigler G.,185
 Stiglitz J.E.,185, 186, 189
 Stone M.,186
 Storper M.,82
 Sugden R.,116
 Sutton J.,15, 186
 Sweezy P.M.,29
 Tadjeddine Y.,186
 Tarde G.,33
 Taylor C.,212
 Tesfatsion L.,34, 250
 Theraulaz G.,87, 265, 266
 Theret,45
 Thevenot L.,114
 Thisse J.-F.,314
 Tirole J.,7, 16, 25, 34, 144, 181, 182, 212, 213, 216,
 222, 223, 226, 233, 236
 Topol R.,267
 Tordjman H.,261
 Trometter M.,238
 Uhlig H.,262
 Utterback J.M.,75, 161, 288
 Valence A.,310
 Valente M.,238, 239
 Vallée T.,261
 Varela F.,32, 265
 Varga E.,64
 Varian H.R.,169, 186
 Vasco T.,22
 Verley P.,8
 Verlynde T.,135
 Vernières M.,243
 Veyne P.,12, 58
 Vialle P.,164
 Vicente J.,296
 Vicker J.,223
 Vidal J.P.,22, 63, 69
 Vilar P.,11, 13, 22, 39, 40, 60, 62, 63, 69
 Villa P.,47, 57, 63, 69
 Volle M.,183, 187
 Von Neuman J.,274, 281, 293, 294
 Vriend N.J.,7, 187
 Waldrop M.M.,19, 287
 Wallerstein I.,63
 Walliser B.,7, 16, 17, 98, 107, 110, 245, 250, 259,
 260, 261, 262, 276, 331
 Weber S.,9, 67, 271, 311
 Weibull J.,260
 Weidlich,267
 Weinstein O.,92, 238
 Weisbuch G.,3, 7, 187, 259, 274, 276, 284, 290,
 291, 294, 295, 311, 313
 Welch I.,270
 Wiener N.,38
 Williamson O.E.,89, 90, 91, 92, 105, 153, 157, 158
 Willig R.D.,182, 221
 Winter S.G.,115, 153, 187
 Wise D.A.,185
 Wolff S.,156
 Wolfram S.,280, 285, 286
 Woodford M.,309
 Yldizoglu M.,261
 Young B.,186
 Young P.,34, 107, 116, 186
 Zeckhauser R.,185
 Zimmermann J.B.,7, 167, 271, 277, 309
 Zipf G.K.,28

La *fonction* d'une bibliothèque est double

- Sauvegarder les livres que l'on a lus pour pouvoir les relire
- Conserver les livres que l'on a pas lus dans l'espoir de les lire

Umberto ECO

Bibliographie

- Abbate J. (1994) ; « The Internet Challenge : Conflict and Compromise in Computer Networking » ; Sumerton (1994) ed. ; *Changing Large Technical Systems* ; Westview Press, San Francisco. Ca.
- Abel W. (1973) ; *Crises agraires en Europe (XIII^e-XX^e siècle)* ; Flammarion, Paris.
- Abernathy W.J. (1977) ; *The productivity dilemma : roadlock to innovation in the automobile industry* ; John Hopkins University Press, Baltimore
- Abernathy W.J., Utterback J.M. (1978) ; « Patterns of industrial innovation » ; *Technology Review* Vol 80/7 p.40-47.
- Ablowitz R. (1939) ; « The Theory of Emergence » ; *Philosophy of Science*, Vol.6, N°1, January, p.1-16.
- Abraham-Frois F. (1974) ed. ; *Problématiques de la Croissance, vol 1 néo-classiques et néo-keynésiens* ; Economica, Paris.
- Abreu D., Rubinstein A. (1988) ; « The structure of Nash Equilibrium in Repeted Games with Finite Automata » ; *Econometrica*, 56, p.1259-1282.
- Aglietta M. (1974) ; *Accumulation et régulation du capitalisme en longue période. Exemple des Etats Unis (1870-1970)* ; Thèse doctorat sciences économiques Université Paris I.
- Aglietta M. (1976) ; *Régulation et crise du capitalisme*, Calman-Lévy, Paris (réédition 1981).
- Aglietta (1978) ; « Sur quelques aspects des crises dans le capitalisme contemporain » ; in Greffe, Reiffers (1978) eds., op.cit. p.46-72.
- Aglietta M. (1986) ; *La fin des devises clés* ; Col. « Agalma », La Découverte, Paris.
- Aglietta M. (1995) ; « Le système monétaire international » ; in Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit., p. 94-105.
- Aglietta M., Courbis R. (1969) ; « Un outil pour le Plan : le modèle FIFI » ; *Economie et Statistique* N°1 mai.
- Aglietta M., Courbis R. Seibel C. (1973) ; *Le modèle physico-financier* ; Col. de l'INSEE série C N°22.
- Aglietta M., Orléan A. (1982) ; *La violence de la monnaie* ; Col. « économie en liberté », Presses Universitaires de France, Paris
- Akerlof G.A. (1970) ; « The market for lemons » ; *Quarterly Journal of Economics*; 84; p. 488-500.
- Akerlof G.A. (1980) ; « A theory of social custom of which unemployment may be one consequence » ; *Quarterly Journal of Economics*, 94 p. 751-775.
- Akerman J. (1955-1957) ; *Structures et cycles économiques* ; 3 volumes, Presses Universitaires de France, Paris.
- Amable B., Barre R., Boyer R. (1997) eds. ; *Les Systèmes d'Innovation à l'ère de la globalisation* ; Economica, Paris.
- Amable B., Lordon F. (1992) ; « La régulation et le changement technique : une analyse critique, pourquoi ? » ; *Revue d'économie industrielle*, N°60, 2^e trimestre p. 70-82.

- Amable B., Petit P. (1995) ; « Ajustement structurel et politique industrielle : une approche régulationniste » ; *Communication au séminaire Régulation et Politique économique*, Paris, MNRT, Novembre.
- Amstrong M., Cowan S., Vicker J. (1994) ; *Regulatory Reform : Economic Analysis and British Experience* ; The MIT Press Cambridge (Mass.).
- Amstrong M., Doyle C., Vicker J. (1996) ; « The Access Pricing Problem : A Synthesis » ; *Journal of Industrial Economics*, 44- 2 p. 131-150.
- An M., Kieffer, N. (1995) ; « Local Externalities and Societal Adoption of Technologies » , *Journal of Evolutionary Economics*, 5 p. 103-117.
- Ancelin, C., Marchand, M. (1984) eds. ; *Le videotex, contribution aux débats sur la télématique* ; Col. Technique et scientifique des télécommunications, Masson, Paris.
- Anderson P.W., Arrow K.J., Pines D. (1988) eds. ; *The economy as an evolving complex system* ; Addison-Wesley Pub.Co, Reading Ma.
- Anderson S.P., DePalma A, Thisse J.-F. (1992) ; *Discrete Choice Theory of Product Differentiation*, MIT Press, Cambridge MA.
- André C. (1995) ; « Etat providence et compromis institutionnalisés des origines à la crise contemporaine » ; in Boyer, Saillard eds. (1995) op.cit.
- André C., Delorme R. (1979) ; « L'évolution des dépenses publiques en longue période et le rôle de l'Etat en France » ; *rapport CEPREMAP*, 2 vol. Paris.
- Annales E.S.C. (1989) ; *Histoire et sciences sociales. Un tournant critique* ; N°6 (special) novembre-décembre.
- Antonelli C. (1991) ; « The international diffusion of advanced telecommunications » ; *OCDE Development center*, Paris;
- Antonelli C. (1994) ; « Technological Change and Multinational Growth in International Telecommunications Services » ; *Review of Industrial Organization*, 6.
- Antonelli C. (1995) ; *The Economics of Localized Technical Change and Industrial Dynamics* ; Kluwer Academic Publisher Dordrecht.
- Antonelli C., Foray D. (1992) ; « The Economics of Technological Clubs », *Economics of Innovations and New Technologies*
- Antonelli C., Petit P., Tahar G. (1994) ; *The Economics of Industrial Modernization* ; Academic Press; London.
- Aoki M. (1996) ; *New Approaches to Macroeconomic Modeling : Evolutionary Stochastic Dynamics, Multiple Equilibria and Externalities as Field Effect* ; Cambridge University Press
- Apostel L. et alii (1973) ; *L'explication dans les sciences* ; Colloque de l'Académie Internationale de Philosophie des Sciences, Flammarion, Paris.
- Arena R. (1991) ; « De l'usage de l'histoire dans la formulation des hypothèses de la théorie économique » ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42-2 mars, p. 395-409.
- Arnaud A., Barillon M., Benredouane M. (1991) ; « Esquisse d'un tableau historique de la neutralisation de l'histoire dans l'économie libérale » ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42-2 mars, p. 411-436.
- Aron R. (1938a) ; *La philosophie critique de l'histoire* ; (thèse de 1938, 1^{ère} partie) Librairie philosophique J. Vrin. Paris, 1964, réed. Points Seuil, 1969
- Aron R. (1938b) ; *Introduction à la philosophie de l'histoire. essai sur les limites de l'objectivité historique* ; (thèse de 1938, 2^{ème} partie) Col. « Bibliothèque des idées », réed. Col « Tel » Gallimard, Paris, 1981.

- Aron R. (1961) ; *Dimensions de la conscience historique* ; Col. « Recherches en Sciences humaines », Plon Paris. Réed. Plon-Agora (1985) d'après la 2^e édition révisée de 1964.
- Aron R. (1967) ; *Les étapes de la pensée sociologique* ; Gallimard Paris.
- Arrow K.J. (1962a) ; « The economic implications of learning by doing » ; *Review of Economic Studies* ; 29/3 p.155-173.
- Arrow K.J. (1962b) ; « Economic Welfare and the Allocation of Ressources to Invention » ; in Nelson (1962) ed. *The Rate and Direction of Inventive Activity : Economic and Social Factors* ; Princeton University Press, Princeton.
- Arrow K.J. (1963) ; « Uncertainty and welfare economics of medical care » ; *American Economic Review* ; 53/5 p. 941-973.
- Arrow K.J. (1966) ; « The economics of moral hazard : further comment » ; *American Economic Review* ; p. 537-539.
- Arrow K.J. (1974) ; *The limits of Organization*, from Fels Lectures on Public policy analysis, Norton New York, trad. française : *Les limites de l'organisation*, Presses Universitaires de France, Paris 1976.
- Arthur B.W. (1988a) ; « Self reinforcing mechanisms in economics » in Anderson, Arrow (1988) eds., op.cit.
- Arthur B.W. (1988b), « Competing technologies : an overview » in Dosi & alii, (1988) eds., op. cit. p. 590-607.
- Arthur B.W. (1989) ; « Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical events » ; *Economic Journal* ; Vol 99, p 116-131.
- Arthur W. B. (1994) ; *Increasing returns and Path dependance in the Economy* ; University of Michigan Press
- Arthur W.B. (1989b) ; « Nash Discovering Automata for Finite-Action Games » ; *mimeo Santa-Fe Institute*.
- Arthur W.B. (1991) ; « Designing Economic Agents that Act like Human Agents : A behavioral approach to Bounded Rationality » ; *American Economic Review*, 81-2 Papers and Proceedings May.
- Arthur W.B., Durlauf S.N., Lane D.A. (eds). (1997) ; *The Economy as an Evolving Complex System II* ; Santa Fee Institute, Studies on the Sciences of Complexity, Addison-Wesley Pub.Co, Reading Ma .
- Arthur W.B., Ermoliev Y. Kaniovski Y. (1987) ; « Path-dependent process and the emergence of macro-structure » ; *European Journal of Operational Research*, N°30 p.294-303.
- Artus P., Bournay J., Morin P., Pacaud A., Peyroud C., Sterdyniack H., Teyssier R. (1980) *METRIC, une modélisation de l'économie française* ; INSEE.
- Artus P., Deleau M., Malgrange P. (1986) ; *Modélisation macroéconomique* ; Col. « Economie et Statistiques Avancées » Economica Paris.
- Artus P., Morin P., Nasse P., Sterdyniack H., (1978) ; « Les enseignements de METRIC sur l'analyse du court terme » ; *Economie et Statistique*, N° 101, juin.
- Ashby W.R. (1956) ; trad. française : *Introduction à la Cybernétique*, Dunod, Paris 1958.
- Asselain J.C. (1984) ; *Histoire économique de la France du XVIII^e siècle à nos jours*, tome 2 : *de 1919 à la fin des années 197* ; Seuil, Paris
- Atlan H. (1979) ; *Entre le cristal et la fumée, essai sur l'organisation du vivant* ; Seuil, Paris.
- Auerbach P. (1990) ; « Market Structure and Firm Behavior : an Empty Box » ; in Arestis P., Kitromilides Y. (1990) eds., *Theory and Policy in Political Economy*, Edward Elgar London.

- Axelrod R. (1984) ; *The Evolution of Cooperation* ; Basic Book, N.Y. trad française : *Donnant, Donnant. Théorie du comportement coopératif*, Odile Jacob, Paris 1992.
- Axelrod R. (1997) ; *The Complexity of Cooperation* ; Col. « Princeton Studies in Complexity », Princeton University Press NJ.
- Axelrod R., Cohen M.D. (1999) ; *Harnessing Complexity, Organizational Implications of a Scientific Frontier* ; The Free Press, Simon & Schuster Inc. N.Y., trad. française : *Réussir dans un monde complexe* ; Odile Jacob, Paris 2001.
- Axtell R. (2000) ; « Why Agents ? On the varied motivations for Agent computing in the social sciences » ; *Brooking institution, Center on Social and Economic Dynamics*, WPN°17, november.
- Bain J. (1956) ; *Barriers to New Competition* ; Harvard University Press, Cambridge Ma.
- Bak P. (1996) ; *How Nature Works, The science of self-organized criticality* ; Springer Verlag, N.Y. trad française : *Quand la nature s'organise, avalanches, tremblement de terre et autres cataclysmes*, Flammarion, Paris, 1999.
- Bak P. Sneppen K. (1993) ; « Punctuated Equilibrium and Criticality in a Simple Model of Evolution » ; *Physical Review Letters*, 24 p.4083.
- Bak P., Chen K., Scheinkman J.A., Woodford M. (1993) ; « Aggregate Fluctuations from Independant Shocks : Self Organized Criticality in a Model of Production and Inventory Dynamics » ; *Ricerche Economica*, 47, p. 3-30
- Bak P., Paczuski M., Shubik M. (1996) ; « Price Variations in a Stock Market with Many Agents » ; *Cond-mat/9609144*, september, 16.
- Ballot G., Weisbuch G. (2000) eds. ; *Applications of Simulation to Social Sciences* , Hermès, Paris.
- Banerjee A.V, Weibull J. (1995) ; « Evolutionary Selection and Rational Behavior » ; in Kirman Salmon (1995) eds. op.cit., p.343-363.
- Banks S. (1994) ; « Exploring the Foundations of the Artificial Societies : Experiments in Evolving Solutions to the Iterated N-Player Prisoner's Dilemma » ; in Books R, Maes P. (1994) eds., *Artificial Life IV*, MIT Press.
- Baran P.A., Sweezy P.M (1966) ; *The Monopoly Capital* ; Monthly Review Press, New York, trad. française : *Le capitalisme monopoliste*, Col. « économie et socialisme », Maspero, Paris, 1970.
- Barbet P., Benzoni L. (1991) ; « Rendement croissant et concurrence internationale : vers la déréglementation stratégique » ; *Revue d'Economie Industrielle*, 55 p.204-232.
- Barberousse A., Kistler M., Ludwig P. (2000) ; *La philosophie des sciences au XX° siècle* ; Col. « ChampsUniversité », Flammarion, Paris.
- Barras R. (1986) ; « Towards a Theory of Innovation in Services » ; *Research Policy*, 15 p. 161-173.
- Bartoli P., Boulet D. (1989) ; *Dynamique et régulation de la sphère agro-alimentaire. L'exemple viticole*, Thèse de Doctorat Etat, Université de Montpellier I, & Paris INRA ESR, 3 vol.
- Bartoli P., Boulet D. (1990) ; « Conditions d'une approche en terme de régulation sectorielle : le cas de la sphère viticole » ; *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurale*, N°17.
- Basle M., Bautier P., Mazier J., Vidal J.P. (1982) ; « Accumulation et régulation en longue période » ; *Economie et Prévision*
- Basle M., Dufourt D., Héraud J.A., Perrin J. (1995) eds. *Changement institutionnel et changement technologique ; Evaluation, droits de propriété intellectuelle, système national d'innovation* ; CNRS Editions.
- Basle M., Mazier J., Vidal J.P. (1979) ; « Croissance sectorielle et accumulation en longue période » ; *Statistiques et Etudes financières, série orange* N° 40.
- Basle M., Mazier J., Vidal J.P. (1984) ; *Quand les crises durent* ; Economica, Paris.

- Battaglini M., Benabou R., Tirole J. (2001) ; « Self-Control in Peer Groups » ; mimeo, Princeton, August, 15.
- Baumol W.J., Panzard J.C., Willig R.D., (1982) ; *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure* ; Harcourt Brace Jovanovich Publishers, Orlando (2° ed. révisée 1988)
- Baumol W.J., Sidak G. (1994) ; *Toward Competition in Telephony* ; The MIT Press Cambridge (Mass.).
- Beaud M. (1991) ; « Economie, théorie, histoire : essai de clarification » ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42 -2 mars, p. 233-272.
- Beesley M.E. (1981) ; *Liberalisation of the use of British Telecommunications networks* ; Drpt. Of Industry & London School of Business Study, London.
- Beije P.R. (1996) ; « Transaction Costs and Technological Learning » ; in Groenewegen J. (eds) (1996) op. cit. p. 309-326.
- Benabou R. (1993) ; « Working of a City : Location, Education, and Production », *Quarterly Journal of Economics*, CVIII, p. 619-652.
- Benabou R. (1996a) ; « Equity and Efficiency in Human Capital Investment : The Local Connection » ; *Review of Economic Studies*, 62, p. 237-264.
- Benabou R. (1996b) ; « Heterogeneity, Stratification and Growth : Macroeconomic Implications of Community Structure and School Finance » ; *American Economic Review*, 86, p. 584-609
- Benassy J.P., Boyer R. Gelpi R.M., Lipietz A. Mistral J., Munoz J. Ominami C. (1977) ; « Approches de l'inflation : l'exemple français » ; *Rapport de recherche du CEPREMAP, Convention de recherche N° 22/176 (CORDES)* Paris.
- Benassy J.P., Boyer R., Gelpi R.M. (1979) ; « Régulation des économies capitalistes et inflation » ; *Revue Economique*, Vol.30/3 mai p. 397-441.
- Benassy J.P., Boyer R., Lipietz A. (1978) ; « L'inflation à la française » journée de discussion autour du rapport CORDES/C.G.P. ; *Recherches Economiques et Sociales*, 12 octobre, La Documentation Française.
- Benzoni L., Hausman J. (1993) ; *Innovation, déréglementation et concurrence dans les télécommunications* ; CNET-ENST et Eyrolles, Paris.
- Benzoni L., Jutand F. (1991) ; « Le rythme de l'innovation : l'anomalie de l'industrie des circuits intégrés » ; *Communications & Stratégies* ; 2, p. 13-49.
- Benzoni L., Verlynde T (1990) ; « Richesse nationale et équipement téléphonique » ; *Bulletin de l'IREST*, 54.
- Bernheim B.D. (1994) ; « A Theory of Conformity » ; *Journal of Political Economy*, vol.102/5, p. 841-877.
- Berninghaus, S. K., Schwalbe U (1996) ; « Conventions, Local Interaction, and Automata Networks » ; *Journal of Evolutionary Economics*, 6, 297-312.
- Bertrand H. (1978) ; « La croissance française analysée en sections productives (1950-1974) » ; *Statistiques et études financières série orange* N°35.
- Bertrand H. (1980) ; *Accumulation et croissance en moyenne et longue période. Analyse formelle en sections productives*, thèse inédite, mars.
- Bikchandani S., Hirshleifer D., Welch I. (1992) ; « Theory of Fads, Fashion, Custom and Cultural Change as Informational Cascades » ; *Journal of Political Economy*, vol.100-5, p. 992-1026.
- Billaudot B. (1971) ; « Le modèle DECA » ; *Statistiques et études financières série orange* N°1.
- Billaudot B. (1976) ; *L'accumulation intensive du capital*, thèse inédite, Université de Paris I.

- Billaudot B. (1996) ; *L'ordre économique de la société moderne : un réexamen de la théorie de la régulation* ; Col. « Théorie sociale contemporaine », l'Harmattan, Paris.
- Billaudot B. (2001) ; *Régulation et croissance. Une macroéconomie historique et institutionnelle* ; Col. « Théorie sociale contemporaine », l'Harmattan, Paris.
- Binmore K.G. (1987) ; « Modeling rational player Part 1 » ; *Economics and Philosophy* 3, 179-214
- Binmore K.G. (1988) ; « Modeling rational player Part 2 » ; *Economics and Philosophy* 4, p. 9-55
- Binmore K.G. (1990) ; « Social Contract III : Evolution and Utilitarianism » ; *Const. Polit. Econom.*; 1 p.1-26.
- Binmore K.G. (1992) ; *Fun and Games : a Text on Game Theory* ; D.C. Heath and co. Lexington Ma, trad. française : *Jeux et théorie des jeux*, De Boek Université, Paris, Bruxelles.
- Binmore K.G. (1997) ; « Rationality and backward induction » ; *Journal of Economic Methodology* 4 p. 23-41.
- Binmore K.G. (1998) ; *Game Theory and the Social Contract Vol.2 Just Playing* ; Col. « Economic Learning and Social Evolution », MIT Press Cambridge, Ma.
- Binmore, K.G., Samuelson L. (1992) ; « Evolutionary stability in repeated games played by finite automata » ; *Journal of Economic Theory*, 57, p.278-305.
- Birnbaum P., Leca J. (1986) eds. ; *Sur l'individualisme* ; Presse FNSP Paris.
- Blaug M. (1982) ; *La Methodologie économique* ; Col « Cambridge Survey of Economic Literature », Economica, Paris.
- Blaug M. (1985) ; *Economic Theory in Retrospect* ; Cambridge University Press, 4° ed. trad française : *La pensée économique, origine et développement*, Economica Paris
- Blume L.E. (1993) ; « The Statistical Mechanics of Strategic Interaction » ; *Games and Economic Behavior*, 5, 387-424.
- Blume L.E. (1995) ; « The Statistical Mechanics of Best-Response Strategy Revisions » ; *Games and Economic Behavior*, 11, p.111-145.
- Blume L.E. (1997) ; « Population Games » ; in Arthur, Durlauf, Lane (1997) eds., op.cit. , p. 425-460.
- Blume L.E., Durlauf S.N. (2001) ; « The Interaction-Based Approach to Socioeconomic Behavior » ; in : Durlauf, Young (2001) eds., p.15-44.
- Boettcher, Paczuski (1996) ; « Exact Results for Spatio-temporal Correlations in a Self-Organized Biological Evolution », in *Physical Review Letters*, 76, p.348.
- Bois G. (1976) ; *Crise du féodalisme*, Edition de l'EHESS, réed. Presses de la FNSP, Paris 1981.
- Bonabeau E. (1994) ; « Intelligence collective ? » in : Bonabeau, Theraulaz (1994) eds., op.cit. p. 13-28.
- Bonabeau E., Dorigo M., Theraulaz G. (1999) ; *Swarm Intelligence, From Natural to Artificial Systems*, Oxford University Press, New York, Oxford.
- Bonabeau E., Theraulaz G. (1994) eds. ; *Intelligence collective* ; Hermes, Paris.
- Bonnisseau J.M., Chabchoub N. (1993) ; « Tarification du raccordement et développement d'un réseau » ; *Communications & Strategies*, N°9, 1° trimestre, p.51-66.
- Bonnisseau J.M., Chabchoub N. (1997) ; « Une approche générale de l'externalité dans un réseau de communication » ; *Annales d'Economie et de Statistique*, N°46 p. 183-202.
- Bosserelle E. (1994); *Le cycle Kondratieff, Théories et controverses* ; Masson, Paris.
- Boudon R. (1977) ; *Effets pervers et ordre social* ; Presses Universitaires de France, Paris.
- Boudon R. (1979) ; *La logique du social*, Hachette, Paris (réédition Hachette Littérature 1997.)

- Boudon R. (1984) ; *La Place du désordre, critique des théories du changement social* ; Col. Sociologies, Presses Universitaires de France, Paris.
- Boudon R. (1986) ; « individualisme et holisme dans les sciences sociales » ; in Birnbaum, Leca (1986) eds., op.cit.
- Bourdé G., Martin H. (1983) ; *Les Ecoles historiques* ; Col. points histoire H67 Seuil Paris.
- Bourdieu J. (1997) « Le marché, cet asile de l'ignorance » ; *La Lettre de la régulation*, N°23 p.1-4.
- Bourgine P. (1993) ; « Models of autonomous agents and of their coevolutionary interactions » *Entretiens Jacques Cartier*, Lyon.
- Bourgine P. (1997) ; « cognitive microeconomy in a society of autoteaching and specular agent » ; in Sanglier, Fukang (1997) eds., op.cit.
- Bourgine P. (1998) ; « The compromise exploration/exploitation : from decision theory to game theory » ; in Lesourne J., Orléan A. (1998) eds., op. cit.
- Bourgine P., Bonabeau E. (1998) ; « Artificial Life as a Synthetic Biology » ; in Kunii, Luciani (1998) eds., *Cyberworlds*, T.L.
- Bourgine P., Douzal V. (1991) ; « Les algorithmes génétiques et leurs applications » ; *Cemagref Antony & Neuro Nimes 91*.
- Bourgine P., Leloup B. (1998a) « The Ultimatum Supergame played with Gittins Index » ; Rapport du CREA
- Bourgine P., Leloup B. (1998b), « May Optimal Learning Explain the Ultimatum Game Paradox ? » ; *Working Paper CREA Ecole Polytechnique*, Rapport N° 9804.
- Bourgine P., Snyers D. (1977) ; « The Dynamics of Mimicry » ; Chap. 13 in Theraulaz, Spitz. (1977) op. cit.
- Bouvier J. (1965) ; « L'appareil conceptuel dans l'histoire économique contemporaine » ; *Revue Economique*, Janvier p. 1-17.
- Bouvier J. (1974a) ; « Les crises économiques : problématiques des crises économiques du XIX^e siècle et analyse historique : le cas de la France ; in Le Goff, Nora (1974) eds. op.cit., réédition in : Bouvier (1989), op.cit. p.67-96.
- Bouvier J. (1974b) ; « Tendances actuelles des recherches d'histoire économique et sociale en France » ; in *Aujourd'hui l'histoire*, Collectif Editions Sociales, Paris, p.131-142.
- Bouvier J. (1974c) ; « Capital bancaire, capital industriel et Capital financier dans la croissance française du XIX^e siècle », *La Pensée*, novembre-décembre.
- Bouvier J. (1976) ; « A propos de la crise de 1929 et du concept de surproduction » ; *Cahiers de l'Institut Maurice Thorez*, N°16.
- Bouvier J. (1978) ; Evaluation de la recherche : « Approches de l'inflation, l'exemple français », CEPREMAP- CORDES ; *Recherches Economiques et Sociales*, N°12, CGP & CORDES, Documentation française, Paris.
- Bouvier J. (1984) ; « Lectures sur les avènements flous de la longue crise » *Vingtième Siècle, Revue d'Histoire*, N°1 p.87-96 ; réédition in Bouvier (1989), op.cit. p.107-123.
- Bouvier J. (1986a) ; « A propos du déclenchement des deux « grandes crises » du XX^e siècle : le cas français » ; *9^e Congrès international d'histoire économique Berne* p.125-148 ; réédition in Bouvier (1989), op.cit. p.125-156.
- Bouvier J. (1986b) dir. ; *La France en mouvement 1934-1938* ; Epoques, Champ Vallon, Seyssel.
- Bouvier J. (1987) ; « libres propos autour d'une démarche révisionniste » ; in Fridenson P. Straus A. (1987) op.cit.
- Bouvier J. (1989) ; *L'historien sur son métier* ; Edition des archives contemporaines, Paris.

- Bouvier J., Furet F., Gillet M. (1965) ; *Le Mouvement du Profit en France au XIX^e siècle* ; Mouton.
- Bowles S. (1998) ; « Endogenous Preferences: The Cultural Consequences of Markets and other Economic Institutions » ; *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXVI , March, p. 75-111.
- Bowles S., Boyer R. (1988) ; « Labor discipline and aggregate demand : a macroeconomic model » ; *American Economic Review*; proceedings 78/2 p. 395-400 .
- Boyer R. (1976) ; « La croissance française de l'après guerre et les modèles macro-économiques » ; *Revue Economique*, Vol.27/5 Septembre.
- Boyer R. (1978) ; « Les salaires en longue période » ; *Economie et statistique* N°103.
- Boyer R. (1979) ; « La crise actuelle : une mise en perspective historique » ; *Critiques de l'économie politique* N°7-8 nouvelle série avril-septembre p. 3-113.
- Boyer R. (1981) ; « Les modèles macroéconomiques globaux et la comptabilité nationale » un bref historique » ; *Document de travail CEPREMAP* N°8108 mai.
- Boyer R. (1983) ; « L'introduction du taylorisme en France à la lumière de recherches récentes. Quels apports et quels enseignements pour le temps présent ? » ; *Colloque International sur le Taylorisme, Université Paris XIII*, Document de travail, CEPREMAP N° 8313 mai.
- Boyer R. (1984) ; « Formes d'organisation implicites à la théorie générale : une interprétation de l'essor puis de la crise des politiques keynésiennes » *CEPREMAP* Paris.
- Boyer R. (1986) ; *La théorie de la régulation : une analyse critique* ; Col. « Agalma », La Découverte, Paris.
- Boyer R. (1986b) ed. ; *Capitalismes fin de siècle* ; Col. « économie en liberté », Presses Universitaires de France, Paris
- Boyer R. (1988a) ; « Technical Change and the Theory of Regulation » ; in Dosi & alii (1988) op.cit.
- Boyer R. (1988b) ; « Formalizing growth regimes » ; in Dosi & alii (1988) op.cit.
- Boyer R. (1989) ; « Economie et histoire : vers de nouvelles alliances ? » in *Annales ESC* op. cit. p. 1397-1426.
- Boyer R. (1990) ; « Les problématiques de la régulation face aux spécificités sectorielles » ; *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, N°17, p.40-76.
- Boyer R. (1991) dir.« Paradoxes français de la crise des années 1930 » ; *Le Mouvement Social* N°154, , janvier-mars.
- Boyer R. (1991a) « Le particularisme français revisité : la crise des années trente à la lumière de recherches récentes » ; *Le Mouvement Social* N°154, , janvier-mars, P.3-40.
- Boyer R. (1991b) « Cinquante ans de relations entre économistes et historiens, réflexions d'un économiste sur le cas de la France et des Etats Unis » ; *Le Mouvement Social* N°155, avril-juin p. 67-101.
- Boyer R. (1993) ; « The Variety and Unequal performance of Really Existing Markets : Farewell to Doctor Pangloss ? » ; in Hollingsworth, Boyer (1997) eds., op. cit. p.55-93.
- Boyer R. (1995) ; « Vingt ans de recherches sur le rapport salarial - un bilan succinct » ; in Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit., p.106-114
- Boyer R. (2001) ; « L'économiste face aux innovations qui font époque - les relations entre histoire et théorie » ; *Revue Economique*, p. 1065-1083.
- Boyer R., Chavance B., Godard O. (1991) ; *Les figures de l'irréversibilité en économie* ; Presses de l'EHESS, Paris.
- Boyer R., Durand J.P. (1993) ; *L'après Fordisme* ; Col. Alternatives Economiques », Syros, Paris.

- Boyer R., Malgrange P. (1989) ; « Formalisations du long terme : une revue de littérature ; *Cepremap couverture orange* N°8906, février.
- Boyer R., Mazier J., Olive G. (1974) « Un nouveau modèle macro-économique : STAR » *Economie & Statistique* N°61 novembre et *Statistiques et Etudes Financières* série orange, 3.
- Boyer R., Mistral J. (1978) ; *Accumulation, inflation, crises* ; Col. « économie en liberté », Presses Universitaires de France, Paris
- Boyer R., Orlean A. (1991) ; « Les transformations des conventions salariales entre théorie et histoire » ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42 - 2 mars, p.233-272.
- Boyer R., Orlean A. (1992) ; « How Do conventions Evolve ? » ; *Journal of Evolutionary Economics* ; 2. p. 165-177.
- Boyer R., Orlean A. (1993) ; « Uncertainty, reciprocity, recognition and competition : four factors influencing cooperation in evolutionary games » *Colloque international : Limitation de la rationalité et constitution du collectif* ; Cerisy 5-12 juin.
- Boyer R., Orlean A. (1994a) ; « persistance et changement des conventions » in Orléan (1994) ed. op.cit.
- Boyer R., Orlean A. (1994b) ; « Stabilité de la coopération dans les jeux évolutionnistes stochastiques » ; *Revue Economique*; 46/3, 797-806
- Boyer R., Saillard Y. (1995) eds. ; *Theorie de la régulation, l'état des savoirs* ; Col. « Recherches », La Découverte, Paris.
- Braudel F. (1958) ; « Histoire et sciences sociales. La longue durée », *Annales*, 10 décembre, p. 725-753, repris dans Braudel (1969)
- Braudel F. (1969) ; *Ecrits sur l'Histoire* ; Flammarion, réédition 2 tomes, Col. « Champs », Paris.
- Braudel F. (1985) ; *La dynamique du capitalisme* ; Arthaud, Paris, réédition « Champs », Flammarion, 1994.
- Braudel F., Labrousse E. (1976) eds. ; *Histoire économique et sociale la France* ; Presses Universitaires de France, Paris.
- Bresson A. (2000) ; *La cité marchande* ; éditions Ausonius, « Scripta Antica », Diffusion De Boccard.
- Broasbent S.R., Hammersley J.M. (1957) ; « Percolation Processes » ; in *Proc. Camb. Phil. Soc.* Vol LIII, p.629, Cambridge.
- Brock W.A., Durflauf S.N. (1999) ; « Interactions-Based Models » ; *WP SSRI 9910* march University of Wisconsin, Madison.
- Brock W.A., Durflauf S.N. (2000) ; « Discrete Choice with Social Interactions » ; CSED WP N°18, forthcoming *Review of Economic Studies*.
- Brogowski L. (1997) ; *Dilthey, Conscience et histoire* ; Col. « Philosophies », Presses Universitaires de France, Paris.
- Brooks F. (1974) ; *The Mythical Man Month : Essays on Software Engineering* ; Addison-Wesley Pub.Co, Reading Ma.
- Brousseau E. (1996) ; « New Institutional Economics and Evolutionary Economics: What Convergence ? » ; *8th EAEPE Conference* Antwerp, Belgium, 7-9 November.
- Brousseau E. (2000) ; « Processus évolutionnaire et institutions Quelles alternatives à la rationalité parfaite ? » ; *Revue Economique* , 51(5) septembre, p.1185-1213
- Brousseau E., Petit P., Phan D. (1996) eds. ; *Mutation des Télécommunications, des Industries et des Marchés*, ENSPTT-Economica Paris.
- Brown, Sibley, (1986) ; *The theory of public utility pricing* ; Cambridge University Press.

- Builder C., Bankes S. (1991) ; « Artificial Societies : A Concept for Basic Research on the Societal Impacts of Information Technology » *RAND Report p-7740*, RAND Corporation, Santa Monica Ca.
- Bunge M.A. (1998) ; *Social Science Under Debate : A Philosophical Perspective* ; University of Toronto Press.
- Bulow J.I., Geanakoplos J.D., Klemperer P.D. (1985) ; « Multimarket oligopoly : strategic substitutes and complements » ; *Journal of Political Economy*, 93/3 p 488-511.
- Burdett K., Judd K.L. (1983) ; « Equilibrium price dispersion » ; *Econometrica*, 51/4 p. 955-968.
- Burt R. (1992) ; *Structural Holes : The Social Structure of Competition* ; Harvard University Press, Cambridge Ma.
- Burt R. (1995) ; « Le capital social, les trous structureux et l'entrepreneur » ; *Revue Française de Sociologie* vol. XXXVI : p. 599-628.
- Cacomo J.L. (1996) ; *Les défis économiques de l'information* ; L'Harmattan, Paris.
- Callon M., Cohendet P. Curien N., Dalle J.M., Eymard-Duvernay F., Foray D., Schenk E. (1999) eds. ; *Réseau et coordination* ; Economica, Paris
- Cariou E, Beugnard A. (2000) ; « Specification of Communication Components in UML » mimeo ENST de Bretagne.
- Caron F. (1997) ; *Les deux révolutions industrielles du XX^e siècle* ; Col. « L'évolution de l'humanité » , Albin Michel, Paris.
- Cassier I. (1989) ; *Croissance, crise et régulation en économie ouverte. La Belgique entre les deux guerres* ; De Boeck, Université de Bruxelles.
- Cassirer E. (1988) ; *L'idée de l'histoire, les inédits de Yale et autres écrits* ; Cerf, Paris.
- Chandler A.D. Jr (1962) ; *Strategy and Structure* ; MIT Press, Cambridge, Ma.(voir trad. française)
- Chandler A.D. Jr (1977) ; *The Visible Hand ; The managerial Revolution in American Business* ; Harvard University Press, Cambridge, Ma. Trad. française : *La main visible des managers ; une analyse historique* , Economica Paris 1988.
- Chandler A.D. Jr (1992) ; « Organizational Capabilities and the Economic History of the Industrial Enterprise » ; *Journal of Economic Perspectives*, 6/3 p.79-100
- Chartres J.A. (1995) « Le changement de modes de régulation. Apports et limites de la formalisation » ; in Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit.
- Clark J., Freeman C., Soete L. (1982) ; *Unemployment and Technical Innovation; A Study of Long Waves and Economic Development* ; Frances Pinter, London.
- Clio J. (1995) « Régulation et histoire : je t'aime, moi non plus » ; in Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit.
- Coase R.H., (1937) ; « The Nature of the Firm » ; *Economica* 4, pp. 386-405; reprint in Williamson, Winter, (1991) eds., op.cit.
- Coase R.H., (1959) ; « The FCC » ; *Journal of Law and Economics* N° 2 p.1-40 ; trad. française : « Faut-il vendre les fréquences ? » ; *Réseaux* N°64 mars-avril 1994, p139-161.
- Coase R.H., (1960) ; « The problem of Social Cost » ; *Journal of Law and Economics* N°3 p.1-44.
- Cohen Y. (1983) ; « L'espace de l'organisateur : Ernest Mattern 1906-1939 » ; *Le Mouvement Social*; N° 125, octobre-décembre
- Cohen Y. (1984) ; « Ernest Mattern chez Peugeot (1906-1918), ou comment peut-on être taylorien? » ; in de Montmollin, Pastre (1984) op.cit.

- Cohen Y. (1991) ; « The modernization of production in the french automobile industry between the wars : a photographic essay » ; in *Automobile industry*, reprinted from *Business History Review*, Harvard Business School, Vol 65/4 winter, p 754-780.
- Cohendet P., Schenk E. (1999) ; « Irréversibilités, Compatibilité et concurrence entre standards technologiques » ; in Callon & alii () op. cit. p. 65-109.
- Collingwood R.G. (1935) ; *The Historical Imagination. An Inaugural Lecture Delivered before the University of Oxford on 28 october 1935* ; Clarendon Press Oxford.
- Collingwood R.G. (1946) ; *The Idea of History* ;Oxford, Clarendon Press.
- Colton J. (1951) ; *Compulsory labor arbitration in France, 1936-1939*, New-York, Columbia University Press.
- Cooper R., John A. (1988) ; « Coordinating coordination failures in keynesian models » ; *Quarterly Journal of Economics*, 103 p. 441-463.
- Coriat B. (1978) ; *L'atelier et le chronomètre* ; Christian Bourgeois Paris.
- Coriat B., Dosi G. (1995) ; « Evolutionnisme et Régulation, différences et convergences » ; in Boyer, Saillard, (1995) eds., op .cit. p. 500-510.
- Coriat B., Weinstein O. (1995) ; *Les nouvelles théories de l'entreprise* ; Livre de Poche Références.
- Cornes R. Sandler T. (1991) ; *The theory of externalities, public goods and club goods* ; Cambridge University Press, Cambridge ma.
- Cot J.P., Mounier J.P. (1974) ; *Pour une sociologie politique* ; Col. « Politique », Points Seuil, Paris.
- Cowan R. (1991) ; « Tortoise and Hares : choice among technologies of unknow merit » ; *Economic Journal*, july, p.801-814.
- Cowan R., Foray D. (1997) ; « The economics of knowledge and the diffusion of knowledge » ; *Industrial and Corporate Change*, Vol.16 N°3
- Curien N. (1987) ; « L'accès et l'usage téléphonique : modélisation conjointe et tarification optimale » ; *Revue Economique*, 2 p. 415-458.
- Curien N. (2001) ; *L'économie des réseaux* ; Col « Repères », La Découverte, Paris
- Curien N., de la Brunetière, (1984) ; « Les transferts de revenu induits par la tarification téléphonique entre catégories d'abonnés et entre types de prestations » ; *Annales des Télécommunications*, 39 11-12.
- Curien N., Gensollen M. (1987) ; « De la théorie des structures industrielles à l'économie des réseaux de télécommunications » ; *Revue Economique*, Mars 1987, 38 (2), p. 521-578.
- Curien N., Gensollen M. (1988) ; « L'externalité de réseau: son influence sur la croissance & la tarification téléphonique », in *Mélanges en l'honneur d'Edmond Malinvaud*, Economica, Paris.
- Curien N., Gensollen M. (1989) ; « L'ouverture des réseaux : planification ou concurrence dans les télécommunications et d'autres services publics » ; *Annales d'Economie et de Statistiques* ; 15/16 ; p. 355-388.
- Curien N., Gensollen M. (1992) ; *Economie des télécommunications ouverture et réglementation*, Paris, ENSPTT-Economica.
- Curien N., Oubejja K. (1999) ; « Réseaux multiservices : équilibres et dynamique ; *Annales d'Economie et Statistique* ; N°53
- Dalle J.M. (1997) ; *La question de l'ordre en économie ; modèles stochastiques d'interaction et de diffusion des innovations technologiques* ; Thèse d'Economie Ecole Polytechnique sous la Direction de R. Salais.

- Dalle J.M., Foray D. (1995) ; « Des fourmis et des hommes ; modèles stochastiques d'interaction et rationalité individuelle active » ; *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurale*, V37 p. 70-92
- Dalle J.M., Foray D. (1998) ; « Quand les agents sont-ils décisifs (ou négligeables)? » ; in Callon et ali.. (1998) eds., op.cit. p. 111-131.
- Dalle J.M., Jullien N. (2000) « Nt vs. Linux, or some explorations into the economics of Free Software » in : Ballot, Weisbuch (2000) eds., op.cit. p.399-416.
- David P.A. (1985) ; « Clio and the Economics of QWERTY » ; *American Economic Review Papers and Proceedings*, vol 75(2), p 332-336.
- David P.A. (1986) ; Understanding the economics of QWERTY: the necessity of history, in Parker (1986) ed., *Economic History of the Modern Economist*, Basil Blackwell
- David P.A. (1987) « Some new standards for the economics of standardization in the information age » in Dasgupta, Stoneman (1987) eds., *Technology Policy and Economic Performance*, Cambridge University Press, Cambridge, Ma. P.206-239.
- David P.A. (1988) ; « Path-Dependence: Putting the Past in the Future of Economics » Miméo, *Institute For Mathematical Studies in the Social Sciences*, Stanford University.
- David P.A. (1991) ; « Computer and dynamo : the modern productivity paradox in a not-too-distant mirror » ; in : *OECD, Technology and Productivity : the Challenge for economic Policy*, OCDE, Paris.
- David P.A. (1993) ; « Dépendance du chemin et prévisibilité des systèmes dynamiques avec externalité de réseaux localisées : un paradigme pour l'économie historique » ; in Foray, Freeman (1993) eds., p. 241-274.
- David P.A., Greenstein S. (1990) ; « The economics of compatibility standards : an introduction to recent research » , *Economics of Innovation and New Technologies*, 1 p. 3-41.
- David P.A. (1994a) « Why are institutions the « carriers of history »? Path dependence and the evolution of conventions, organizations and institutions » ; *Structural Change and Economic Dynamics* ; vol 5, n°2
- David P.A. (1994b) ; « Les standards des technologies de l'information, les normes de communication et l'Etat : un problème de biens publics » ; in A.Orlean (1994b) ed., op.cit., p.113-138.
- David P.A., Bunn J.A. (1988) ; « The economics of gateway technologies and network evolution » ; *Information Economic and Policy*, N°3 p.165-202, trad. française « l'économie des passerelles technologiques et l'évolution des réseaux » *Flux, revue du GDR Réseaux*, N°4 avril juin 1991 p. 15-29 ; N°6, octobre-décembre, p. 33-51.
- David P.A., Foray D (1994) ; « Percolation structures, Markov random fields and the economics of EDI standard diffusion » ; in Pogorel G. ed. *Global Telecommunications Strategies and Technological Changes*, North Holland.
- David P.A., Foray D (1995) ; « Dépendance du sentier et économie de l'innovation: un rapide tour d'horizon » ; *Revue d'Economie Industrielle*, n°spécial: « Les développements théoriques récents pour l'économie industrielle », dirigé par L.Benzoni, M.Mougeot et A.Torre
- David P.A., Foray D. Dalle J.M. (1998) ; « Marshallian externalities and the emergence and spatial stability of technological enclaves », *Economics of Innovation and New Technology*, special issue, vol 6 (n°2-3)
- Davis L., North D.C. (1971) ; *Institutionnal Change in American Economic Growth* ; Cambridge University Press.
- De Bernis G. (Destanne) (1977) ; « Régulation ou équilibre dans l'analyse économique » ; in Lichnerowicz et alii. (1977) ed., *L'idée de régulation dans les sciences*, Malloine-Doin, Paris.

- De Bernis G. (Destanne) (1983) ; « Une alternative à l'hypothèse de l'équilibre économique général : la régulation de l'économie capitaliste » ; in *Crise et régulation*, publication du GRREC, Presses Universitaires de Grenoble.
- De Gennes P.G. (1985) ; « Continu et discontinu : l'exemple de la percolation » ; *Symposium-Les Enjeux*, p.313, repris dans *Les Enjeux*, t II, Encyclopedia Universalis,1990, p. 744-750
- De Vroey M. (1990) ; « S'il te plaît, dessine moi... un marché » ; *Economie Appliquée*, Vol 93/3, p. 67-83
- Defalvard H. (1992) ; « Critique de l'individualisme méthodologique revu par l'économie des conventions » ; *Revue Economique*, 43 (1) p. 127-143.
- Defalvard H. (1994) ; « L'économie et les faits stylisés : vers une mutation du savoir économique » ; Colloque « *économie historique, bilan et perspectives* » 1-2 décembre, Paris.
- Defalvard H. (1995) ; *Essai sur le marché* ; Syros, Paris.
- Degenne A. Forsé M. (1994) ; *Les Réseaux Sociaux* ; Armand Colin, Paris.
- Delapierre M., Gerard-Varet L.A., Zimmerman J.B. (1980) ; « Choix Publics et normalisation des réseaux informatiques » ; *Rapport BNI*, N°30, Décembre 1980.
- Delapierre M., Zimmerman J.B. (1994) ; « La nature du produit informatique » ; *Terminal*, N°65 p.87-104.
- Delattre P. (1971) ; *Système, structure, fonction, évolution* ; Maloine, Paris.
- Delorme R. (1984) ; « Compromis institutionnalisé, Etat inséré et crise de l'Etat inséré » ; *Critique de l'Economie Politique* ; 26/27 janvier-juin. P.149-160.
- Delorme R. (1995) ; « L'Etat Relationel Intégré Complexe (ERIC) » ; in Boyer, Saillard (1995) eds., op.cit. p. 180-188.
- Delorme R. (1997) ; « Evolution et complexité : l'apport de la complexité de second ordre à l'économie évolutionnaire » ; *Economie Appliquée*, numéro spécial « L'évolutionnisme contemporain en économie », Tome L N°3 p.95-120.
- Delorme R., André C. (1983) ; *L'Etat de l'économie* ; Seuil Paris
- Depretto, J.P. Scheweitzer S. (1984) *Le communisme à l'Usine. Vie ouvrière et mouvement ouvrier chez Renault 1920-1939* ; Roubaix, Edures,.
- Deroïan F., Steyer A., Zimmermann J.B. (1999) ; « Influence Sociale et apprentissage dans les phénomènes de diffusion de l'innovation » ; *Communication aux journées de l'AFSE « Economie de l'Innovation »* Sophia Antipolis, 20-21 mai.
- Di Bonna C., Ockman S., Stone M. (1999) eds. ; *Open Sources, Voices from the Open Sources Revolution* ; O'Reilly & Associates ; trad française : Tribune Libre: Ténors de l'Informatique Libre, disponible en open content à l'adresse : <http://www.oreilly.fr/divers/tribune-libre/>
- Diamond P. (1987) ; « Consumer Differences and Prices in a Search Model » ; *Quarterly Journal of Economics*, p. 429-436
- Didry C. (1998) « Arbitration in Context : Socio-economic Conditions and the Implementation of the Law on a Conciliation and Compulsory Arbitration » in R. Salais and N. Whiteside (eds), *Governance, Industry and Labour Market in Britain and France*, Londres, Routledge.
- Dilthey W. (1875) ; « Sur l'étude de l'histoire des sciences humaines, sociales et politiques » dans Dilthey (1992), p.43-87.
- Dilthey W. (1876) ; « Sur l'étude de l'histoire des sciences humaines, sociales et politiques, suite de l'essai de 1875 » dans Dilthey (1992), p.89-142.
- Dilthey W. (1883) ; *Einleitung in die Geisteswissenschaften* ; trad. Française : « Introduction aux sciences de l'esprit », dans Dilthey (1992), p.143-361.

- Dilthey W. (1910) ; « L'édification du monde de l'Esprit dans les sciences de l'esprit » dans Dilthey (1988)
- Dilthey W. (1992) ; *Critique de la Raison historique, Introduction aux sciences de l'esprit* ; traduit et présenté par S. Mesure, Editions du Cerf, Paris.
- Dilthey W. (1988) ; *L'édification du monde de l'Esprit dans les sciences humaines* , traduit et présenté par S. Mesure, Editions du Cerf, Paris.
- Dixit A. Stiglitz J. (1977) ; « Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity » ; *American Economic Review*, 67 p. 297-308.
- Dockès P. (1975) ; *L'internationale du capital* ; Col. « Economie en liberté » ; Presses Universitaires de France, Paris
- Dockès P. (1993) ; « Les recettes fordistes et les marmites de l'histoire 1907-1993 » ; *Revue Economique*, mai, p.485-527.
- Dockès P. (1999) ; *Pouvoir et autorité en économie* ; Economica, Paris.
- Dockès P., Guillaume M. (2000) ;. « L'économisme est-il la fin de l'histoire ? » in. *Espérance et menaces de l'an 2000*, Descartes et Cie, Paris, p.329-358.
- Dockès P., Rosier B. (1977) ; Questions aux historiens ; Presses Universitaires de Lyon, Bibliothèque A.E.H.
- Dockès P., Rosier B. (1978) ; « Crise et transformation du capitalisme » ; in Greffe, Reiffers (1978) eds., op.cit. p.3-25.
- Dockès P., Rosier B. (1983) ; *Rythmes économiques, crises et changement social dans une perspective historique* ; Col. « Economie critique » ; La découverte / Maspero, Paris.
- Dockès P., Rosier B. (1991) ; « Histoire « raisonnée » et économie historique » ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42 -2 mars, p. 181-208.
- Dosi G. (1982) ; « Technological Paradigms and Technological Trajectories : a Suggested Interpretation of the Determinants and Direction of Technical Change » ; *Research Policy*, Vol. 11, p. 147-162
- Dosi G. (1984) ; *Technical change and industrial transformation : the theory and application to the semiconductor industry* ; Frances Pinter.
- Dosi G. (1988) ; « Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation » ; *Journal of Economic Literature*, XXVI, pp. 1120-1171.
- Dosi G., Freeman C., Nelson R., Silverberg G., Soete L. (1988) eds. ; *Technical change and Economic Theory* ; Printer Publishers.
- Dosi G., Kaniovski Y. (1987) ; « the Method of Generalized Urn Schemes in the Analysis of Technological and Economics Dynamics » in Siverberg, Soete, (1987) eds., *The Economics of Growth and Technical Change*, Edward Elgar, Aldershot.
- Dosi G., Marengo L., Fagiolo G. (1996) ; « Learning in Evolutionary Environments » ; WP. Santa Fe institute.
- Dosi G., Nelson R. (1995) ; « Recent evolutionary theorizing about economic change » ; *Journal of Economic Literature*, p.48-90.
- Dosse F. (1987) ; *L'histoire en miettes. Des « Annales » à la « nouvelle histoire »* ; La Découverte Paris.
- Dosse F. (1995) ; *L'empire du sens ; l'humanisation des sciences humaines* ; Syros, réédition La découverte poche Paris 1997.
- Dostaler G. (2001) ; *Le libéralisme de Hayek* ; Col. « Repères », La Découverte & Syros, Paris.

- Douglas M. (1986) ; *How Institutions Think* ; Syracuse University Press, NY ; trad. française révisée *Comment pensent les institutions*, Col. « Recherches », série Bibliothèque du M.A.U.S.S., La Découverte Paris 1999.
- Du Tertre C. (1995) ; « La dimension sectorielle de la régulation » ; in Boyer, Saillard (1995) eds., op. cit.
- Du Tertre C., Petit P. (1991) ; « Régulation macroéconomique et régulation de branche » ; *Colloque sur les conventions collectives*, 23-24 mai.
- Dufourt D. (1995) ; « Arrangements institutionnels et logiques de l'action collective : les enjeux d'une réflexion renouvelée sur les institutions » in Basle et alii. (1995) eds., op. cit. p. 21-32.
- Dupuy J.P. (1988) ; « Sur la complexité du social » ; in Fogelman-Soulié (1988) (dir), op.cit.
- Dupuy J.P. (1994) ; *Aux origines des sciences cognitives* ; La Découverte, Paris.
- Dupuy J.P., Livet P. (1992) ; « Rationalité située et savoir collectif » ; *Le courrier du CNRS* N° 79 p. 112
- Durlauf S.N. (1991), « Multiple equilibria and persistence in Aggregate Fluctuations », *American Economic Review*, 81, p. 70-74.
- Durlauf S.N. (1993), « Nonergodic economic growth », *Review of Economic Studies*, 60, 349-366.
- Durlauf S.N. (1994), « Path Dependence in Aggregate Output », *Industrial and Corporate Change*, 1, p.149-172.
- Durlauf S.N. (1996a) ; « A Theory of Persistent Income Inequality » ; *Journal of Economic Growth*, 1 p.349-366.
- Durlauf S.N. (1996b) ; « Neighborhood Feedbacks, Endogeneous Stratification, and Income Inequality » ; in Barnett, Gandolfo, Hillinger (1996) eds. *Dynamic Disequilibrium Modelling : proceeding of the Ninth International Symposium on Economic Theory and Econometrics*, Cambridge University Press.
- Durlauf S.N. (1997) ; « Statistical Mechanics Approaches to Socioeconomic Behavior » in Arthur, Durlauf, Lane (eds). (1997) op.cit..
- Durlauf S.N., Young P. (2001) eds. ; *Social dynamics* ; The MIT Press, Cambridge Ma.
- Ege R. (1992) ; « Emergence du marché concurrentiel et évolutionniste chez Hayek » ; *Revue Economique*, 43-6 ; p. 1007-1036
- Eldredge N. (1982) ; « La macroévolution » ; *La Recherche*, Vol 13, N° 133, mai p.616-626.
- Eldredge N. (1997) ; « Evolution in the marketplace » ; *Structural Change and Economic Dynamics*, 8 p.385-398.
- Elias N. (1985) ; *La société de cour* ; Flammarion, Paris ;
- Ellison, G. (1993) « Learning, Local Interaction, and Coordination » ; *Econometrica*, 61, 1047-71.
- Elster J. (1983) ; *Sour Grapes*, Cambridge University Press ; chapitre 2 traduit dans : *Le laboureur et ses enfants, deux essais sur les limites de la rationalité* ; Les Editions de Minuit, Paris 1986.
- Elster J. (1985) ; *Making Sense of Marx* ; Maison des Sciences de l'Homme and Cambridge University Press, trad française : *Karl Marx, une interprétation analytique*, Presses Universitaires de France, Paris, 1989.
- Elster J. (1986) ; « Marxisme et individualisme méthodologique » ; in Birnbaum, Leca (1986) eds., op.cit.
- Elster J. (1989a) ; *The Cement of Society* ; Cambridge University Press Cambridge, Ma.
- Elster J. (1989b) ; « Social norms and economic theory » ; *Journal of Economic Perspectives*, 3-4 Fall, p.99-117.

- Elster J. (1990) ; « Merton's functionalism and the unintended consequences of action » ; in : Clark J. Modgil C., Modgil S. (1990) eds. ; *Robert Merton: Consensus and Controversy*, London New York: Falmer Press, pp.129-35.
- Elster J. (1991) ; « Rationality and social norms » ; *European Journal of Sociology/Archives Europeennes de Sociologie*, 32 (1) p.109-129.
- Elster J. (1995) ; « Rationalité et normes sociales : un modèle pluridisciplinaire » ; in : Gérard-Varet L.A. , Passeron, J.C. (1995), op.cit. p. 139-148
- Englander E.J.; (1988) ; « Technology and Oliver Williamson's transaction cost economics » ; *Journal of Economic Behavior and Organisation*, 10, p.339-353.
- Epstein J.M. Axtell R. (1996); *Growing Artificial Societies, Social Sciences from the Bottom Up*, Brooking Institution Press, MIT Press Washington D.C., Cambridge Mass.
- Fararo T.J. (1981) ; « Biased networks ans social structure theorems » ; *Social Networks*, 3, p.137-159.
- Fararo T.J. (1983) ; « Biased Networks and the strzngth of weak ties » ; *Social Networks*, 5, p.1-11.
- Fararo T.J., Skvoretz J. (1984) ; « Biased networks ans social structure theorems part II » ; *Social Networks*, 6, p.223-258.
- Faucher P., de Bresson C. (1991) ; « L'école de la régulation et le changement technologique » ; *Revue d'Economie Industrielle*, N°54 - 4° trimestre p.28-46.
- Favereau O. (1989a) ; « Marchés internes, marchés externes », *Revue Economique*, vol 40 (2), 273-328.
- Favereau O. (1989b) ; « Organisation et marché »; *Revue Française d'Economie*, p. 65-96.
- Favereau O. (1991) ; « Irréversibilités et institutions problèmes micro-macro » ; in Boyer, Chavance, Godard (1991), op.cit.
- Favereau O. (1993) ; « Theorie de la régulation et économie des conventions : canevas pour une confrontation » ; *La Lettre de la Régulation*, N° 7, mai.
- Favereau O. (1994) ; « Règles, organisation et apprentissage collectif : un paradigme non standard pour trois théories hétérodoxes » ; in Orlean (1994) ed., op.cit.
- Favereau O. (1995) ; « Conventions et Régulation » ; in : Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit.
- Ferber J. (1997) ; *Les Systèmes Multi-Agents ; vers une intelligence collective* ; Inter Editions, Paris.
- Febvre L. (1953) ; *Combats pour l'histoire* ; réed. Col . « Agora », Armand Colin, Paris, 1992.
- Festinger L., (1957) ; *A Theory of Cognitive Dissonance* ; Stanford University Pres, Stanford Ca.
- Feyerabend P. (1975) ; *Against Method* ; New Left Books, Londres, trad. française : *Contre la méthode, esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance* ; Col. « Sciences » Points Seuil, Paris, 1979.
- Feyerabend P. (1987) ; *Farewell to Reason* ; Verso, Londres, trad. française : *Adieu la raison* ; Col. « Sciences » Points Seuil, Paris, 1989.
- Fisher F. (1990) ; « La formation des grandeurs économiques : déséquilibre et instabilité » in Cartelier (dir) *La Formation des grandeurs économiques*, Presses Universitaires de France, Paris. p.19-54.
- Flamm K. (1988) ; *Creating the computer : government, industry, and high technology* ; The Brooking Institution, Washington, DC.
- Fogelman-Soulié F. (dir) (1988) ; *Colloque de Cerisy, Les théories de la complexité, autour de l'oeuvre d'Henri Atlan* ; Seuil Paris.

- Föllmer H. (1974) ; « Random Economies with Many Interacting Agents » ; *Journal of Mathematical Economics*, 1 p.51-62.
- Fonvielle L. (1976) ; « évolution et croissance de l'Etat français : 1815-1969 » ; *Cahiers de l'I.S.M.E.A.*, série AF N°13.
- Foray D. (1991) ; « Dynamique économique et nouvelles exigences de l'investigation historique : « learning to love multiple equilibria » » ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42-2 mars, p. 301-313.
- Foray D. (1994) ; « Les nouveaux paradigmes de l'apprentissage technologique » ; *Revue d'Economie Industrielle*, N° 69.
- Foray D. (1996) ; « Repères pour une économie historique du changement technique » ; *Série Histoire Quantitative de l'Economie Française*, n°22, 4-5
- Foray D., Freeman C. (1993) eds. ; *Technologie et Richesse des Nations* ; Economica, Paris;
- Foreman-Peck J. (1979) ; « Tariff protection and economies of scale : the british motor industry before 1939 » ; *Oxford Economic Papers* ; 31/2, p. 237-257.
- Forsé M. (1997) « Capital social et emploi » ; *L'année sociologique*.
- Foss N.J. (1994) ; « Why Transaction Cost Economics Needs Evolutionary Economics » ; *Revue d'Economie Industrielle*, n°68, 2° trimestre.
- Foss N.J. (1996) ; « Capabilities and the theory of the Firm » ; *Revue d'Economie Industrielle*, 77 - 3° trimestre p.7-28.
- Foster D., Young P. (1990) ; « Stochastic Evolutionary Games Dynamics » ; *Theoretical Population Biology*, 38, P.219-232.
- Fouquet D., Charpin J.M., Guillaume H., Muet P.A., Vallet D. (1976) ; « DMS, modèle de prévision à moyen terme » ; *Economie et Statistique* ; N°79 juin.
- Fouquet D., Charpin J.M., Guillaume H., Muet P.A., Vallet D. (1978) ; *DMS, modèle dynamique multisectoriel* ; Col. de l'INSEE, série C 64-65 Septembre.
- Fourquet F. (1980) ; *Les comptes de la puissance : histoire de la comptabilité nationale et du plan* ; Encres, Recherches, Paris.
- Fudenberg D., Tirole J. (1983) ; « Capital as a commitment : strategic investment to deter mobility » ; *Journal of Economic Theory*, 31 p.227-250.
- Fransman M. (1992) ; « AT&T; BT; NTT : vision, strategy, corporate competence, path dependency and the role of R&D » *mimeo Institute for japanese-European Technology studies*, University of Edimburgh
- Fransman M. (1994) ; « « Information, knowledge, vision and theories of the firm » » ; *Industrial and Corporate Change*, Vol 3/3.
- Freeman C. (1987) ; « Information technology and change in techno-economic paradigm » ; in Freeman C. (1987b) ed., op.cit. p. 49-72
- Freeman C. (1987b) ed. ; *Technical changes and full employment"*, Basil Blackwell.
- Freeman C. (1990) ; *The economics of innovation*, Elgar
- Freeman C. (1991) ; « Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics » ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42-2 mars, p. 211-231.
- Freeman C. (1995) ; « Le nouveau contexte de l'Innovation » ; *STI revue OCDE*, 15, p.53-84.
- Freeman C., Mendras H. (1995) eds. ; *Le paradigme informatique, technologies et évolutions sociales* ; Descartes & Cie Paris.

- Freeman C., Perez C. (1986) ; « The diffusion of technical innovations and changes of techno-economic paradigm » ; *Venice conference*, march.
- Freeman C., Perez C. (1988) ; "Structural crises of adjustment : business cycles and investment behavior"; in G. Dosi & alii (1988) eds., op.cit. p.38-66.
- Freeman C., Soete L. (1991) ; *Analyse macro-économique et sectorielle des perspectives d'emploi et de formation dans le domaine des nouvelles technologies de l'information dans la Communauté Européenne* ; Rapport d'étude pour la CEE, MERIT
- Freeman C., Soete L. (1993) ; *Information Technology and Employment*, University Press, Maastricht.
- Freeman C., Soete L. (1995) ; « les NTI et l'emploi » in : in Freeman, Mendras (1995) eds., op.cit.
- Frenken, K., Saviotti K.; Trommetter M. (1998) ; « Variety and economic development : conceptual issues and measurement problems » ; *WP INRA-SERD*, 1998/03, Grenoble.
- Fridenson P. (1977) dir. ; « 1914-1918 : l'autre front » ; *Cahiers du Mouvement Social* N°2.
- Fridenson P. (1972a) ; *Histoire des usines Renault, T1, la naissance d'une grande entreprise* ; Seuil, Paris.
- Fridenson P. (1972b), « l'idéologie des grands constructeurs dans l'entre-deux guerres », *Le Mouvement Social*, 81, octobre-décembre p. 51-68
- Fridenson P. (1972c) ; « Un tournant taylorien de la société française 1904-1918 » ; *Annales ESC septembre-octobre 1987* p1031-1060
- Fridenson P. (1995) ; « production de masse et sortie de crise » introduction au N°16 des *Actes du GERPISA*, dossier sur « Ford et les autres entre les deux guerres », août, Evry.
- Fridenson P., Straus A. (1987) ; *Le Capitalisme Français*, Fayard Paris.
- Friedland R., Robertson A.F. eds. (1990) eds. ; *Beyond the Marketplace : Rethinking Economy and Society* ; Adeline Gruyter, New York
- Friedman M. (1953) ; *Essays in Positive Economics* ; The University of Chicago Press, Chicago.
- Frydman R. (1992) ; « Le territoire de l'économiste : marché et société marchande » ; *Revue Economique*, 1 janvier, p. 5-30.
- Fudenberg D., Levine D.K. (1998) ; *The Theory of Learning in Games* ; Col « Economic learning and Social Evolution », MIT press, Cambridge, Ma.
- Galam S. (1986) ; « Majority rule, hierarchical structure and democratic totalitarianism » ; *Journal of Mathematical Psychology*, 30, p.426.
- Galam S. (1990a) ; « Social paradoxes of majority rule voting and renormalization group » ; *Journal of Statistical Physics*, 61, p.943-951.
- Galam S. (1990b) ; « Paradoxes de la règle majoritaire dans les systèmes hiérarchiques » ; *Revue de Bibliologie*, p. 62-68.
- Galam S. (1999) ; « Application of Statistical Physics to Politics » ; July 8, *cond-mat/0004306* 18 April 2000.
- Galam S., Gefen Y., Shapir Y., (1982) ; « Sociophysics : a new approach of sociological collective behavior » ; *Journal of Mathematical Sociology*, 9, 1.
- Galam S., Moscovici S. (1991) ; « Towards a theory of collective phenomena : Consensus and attitude changes in groups » ; *European Journal of Social Psychology*, Vol 21, p. 49-74.
- Galam S., Moscovici S. (1991) ; « Compromise versus polarization in group decision making » ; *Defense Decision making*, Springer Verlag, p.40-51.
- Galam S., Moscovici S. (1993) ; « A theory of collective decision making in hierarchical and non hierarchical groups » ; *Russian psy Journal*, P. 93-103.

- Galam S., Moscovici S. (1994) ; « Towards a theory of collective phenomena : II conformity and power » ; *European Journal of Social Psychology*, 24, p. 481-495.
- Galam S., Moscovici S. (1995) ; « Towards a theory of collective phenomena : III Conflicts and source of power » ; *European Journal of Social Psychology*, 25, p. 217-229.
- Gallouj F., Weinstein O. (1997) ; « Innovation in Services » ; *Research Policy*, 26 p
- Gambier D., Vernières M. (1985) ; *Le marché du travail* ; Economica, Paris.
- Garcia R. (1980) ; « Dialectique, Psychogenèse et Histoire des sciences » ; Posteface à J. Piaget : *Les formes élémentaires de la dialectique* ; Gallimard, Paris.
- Garud R., Kumaraswamy A. (1993) ; « Changing Competitive Dynamics in Network Industries: An exploration of Sun Microsystems' Open Systems Strategy » ; *Strategic Management Journal*, 14 p. 351-369.
- Genthon C. (1995) ; *Croissance et crise de l'industrie informatique mondiale* ; Syros, Paris.
- Genthon C. (1998) ; « Innovation et changement structurel : l'exemple de l'industrie informatique » ; *Revue d'Economie Industrielle*, N°85-3, P.31-48.
- Gérard-Varet L.A. , Passeron, J.C. (1995) ; *Le Modèle et l'Enquête. Les usages du principe de rationalité dans les Sciences Sociales* ; éditions de l'EHESS, Paris.
- Giddens A. (1984) ; *The Constitution of Society* ; Polity Press, Cambridge & Basil Blackwell Oxford ; traduction française : *La constitution de la société* ; Presses Universitaires de France, Paris 1987.
- Gilbert N. (1995) ; « Emergence in social simulations » ; in Gilbert, Conte (1995) op.cit. p. 114-156.
- Gilbert N., Conte R. (1995) eds. ; *Artificial Societies : The Computer Simulation of Social Life* UCL Press London.
- Gilbert N., Troitzsch K.G. (1999) ; *Simulation for the Social Scientist* ; Open University Press, Buckingham.
- Gille B. (1978) ; *Histoire des techniques* ; Col. « La Pleiade », Gallimard, Paris.
- Gittins, J.C. (1989) ; *Multi-armed Bandit Allocation Indices* ; New York, John Wiley & Sons.
- Gittins, J.C., Jones D.M., (1974) ; « A Dynamic Allocation Index for the Sequential Design of Experiments » *Read at the 1972 European Meeting of Statisticians*, Budapest, in : Gani, J., Sarkadi, K. et Vince, I., (1974) *Progress in Statistics*, New York : North Holland, 1, 241-266.
- Glachant J.M. (1996) ; *La théorie économique de l'entreprise publique ; des prix de marché... à l'organisation hors marché* ; Publications de la Sorbonne, Paris.
- Glachant J.M. (2000) ; « Les pays d'Europe peuvent-ils reproduire la réforme électrique de l'Angleterre ? Une analyse institutionnelle comparative » ; *Economie & Prévision*, N°145 dossier « Economie publique appliquée » juillet septembre p.157-168
- Gleick J. (1985) ; *Chaos* ; Vicking Press, New York, trad. française : *La théorie du Chaos, vers une nouvelle science*, « Champs », Flammarion, Paris, 1991.
- Godelier M. (1966) ; « Système, structure et contradiction dans le Capital ; *Les Temps Modernes*, N°55., réédité dans Godelier (1973), p.71-113.
- Godelier M. (1973) ; *Horizon, trajets marxistes en anthropologie* ; Tome II, FM. Petite collection Maspero
- Goldberg D.E. (1989) ; *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison Wesley, MA., trad française : *Algorithmes génétiques : exploration, optimisation et apprentissage automatique*, Addison-Wesley France, 1994.

- Goldenberg J, Libai B., Solomon S., Jan N., Stauffer D. (2000) ; « Marketing percolation » ; *cond-mat/0005426*, may, 4.
- Goldmann L. (1970) ; « Genèse et structure » dans : *Marxisme et sciences humaines*, Col « idées », Gallimard Paris.
- Gorz A. (1973) ; *Critique de la division du travail* ; Col. « Politique », Point Seuil, Paris.
- Gould S.J (1989) ; *Wonderful Life* ; Norton & Company, trad. française : *La vie est belle, les surprises de l'évolution*, Col. « Points sciences », Seuil, Paris.
- Gould S.J, Eldredge N. (1977) ; « Punctuated equilibria : the tempo and mode of evolution reconsidered » ; *Paleobiology*, 3, p.115-151.
- Granger G.G. (1973) ; « L'explication dans les sciences sociales » ; in Apostel et alii (1973) op. cit. p.147-165.
- Granou A. Baron Y. Billaudot B. (1979) ; *Croissance et crise* ; Maspero Paris.
- Granovetter M.S. (1973) ; « The Strength of Weak Ties » ; *American Journal of Sociology*, Vol. 78-6, p. 1360-1380 ; trad fr. « La force des liens faibles », Granovetter (2000) op.cit.
- Granovetter M.S. (1974) ; *Getting a Job* ; Chicago UP.
- Granovetter M.S. (1978) ; « Threshold Models of Collective Behavior » ; *American Journal of Sociology*, Vol 83-6 p.1420-1443 ; trad. fr. « Modèles de seuil du comportement collectif » Granovetter (2000) op.cit.
- Granovetter M.S. (1985) ; « Economic Action and Social Structure : The problem of embeddedness » ; *American Journal of Sociology*, 91 p. 481-510. Trad. française « Action Economique et structure sociale : le problème de l'encastrement » dans : Granovetter (2000).
- Granovetter M.S. (1994) ; « Les institutions économiques comme constructions sociales : un cadre d'analyse » ; in Orlean (1994) ed., op.cit.
- Granovetter M.S. (2000) ; *Le marché autrement, les réseaux de l'économie* ; Col. « Sociologie Economique » Desclée de Brouwer, Paris.
- Greffe X., Reiffers J.L. (1978) eds. ; *L'occident en désarroi, ruptures d'un système économique* ; Dunod, Paris.
- Groenewegen J. (1996) eds. ; *Transaction Cost Economics and Beyond* ; Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Grossman G.M. Helpman E. (1991) ; *Innovation and Growth in the Global Economy* ; MIT Press Cambridge Ma.
- Guerreau A. (1980) ; *Le féodalisme, un horizon théorique* ; Le Sycomore, Paris.
- Guerrien B. (1989) ; *Concurrence, flexibilité et stabilité* ; Economica Paris.
- Guertman M., Quelin B. (1993) ; « An empirical study of hybrid forms of governance structure: The case of the Telecommunication equipment industry » ; *Groupe HEC, working paper*, 1993.
- Habermas J. (1968a) ; *Technik und wissenschaft als ideologie* ; Suhrkamp Verlag, trad. française : *Cla technique et la science comme « idéologie »*, Gallimard 1973.
- Habermas J. (1968b) ; *Erkenntnis und interesse* ; Suhrkamp Verlag, trad. française : *Connaissance et intérêt*, Gallimard 1976
- Habermas J. (1976a) ; « Geschichte und Evolution » ; *Geschichte und Gesellschaft*, N°2 p. 310-357 ; trad. française : « Histoire et évolution », Chapitre 3 de Habermas (1976b)
- Habermas J. (1976b) ; *Zur Rekonstruktion des Historischen Materialismus* ; Suhrkamp, trad. française : *Après Marx* ; Librairie Arthème Fayard, 1985 réed. Col. Pluriel, Hachette Littérature, Paris, 1997.
- Haken H. (1983) ; *Synergetics* ; Springer Verlag, Berlin.

- Hardy-Hemery O. (1970) ; « Rationalisation aux mines d'Anzin (1927 -1938) » ; *Le Mouvement Social*, juillet-septembre.
- Harsanyi J., Selten R. (1988) ; *A General Theory of Equilibrium Selection in Games* ; MIT press Cambridge.
- Hatzfeld H. (1989) ; *Du pauperisme à la sécurité sociale* ; 2° éd. Presses Universitaires de Nancy.
- Hausman D. (1989) ; « Economic Methodology in a Nutshell » ; *Journal of Economic Perspectives*, printemps, 3 , p.115-127.
- Hautcoeur P.C. (1994) ; « Environnement macro-économique, transformation du système financier et financement des entreprises durant l'entre-deux-guerres en France » ; *Colloque Economie historique, bilan et perspectives* 1-2 décembre 1994, Jussieu, Paris.
- Hayek F. A. (1937) ; « Economics and Knowledge » ; *Economica*, Vol 4, p.33-54 rééd. in Hayek (1948), op. cit.
- Hayek F. A. (1945) ; « The Use of Knowledge in Society » ; *American Economic Review* ; 35-4 trad française : « L'utilisation de l'information dans la société » ; *Revue française d'économie*, 1-2 automne 1986.
- Hayek F. A. (1948) ; *Individualism and Economic Order* ; University of Chicago Press, Chicago.
- Hayek F. A. (1964) ; « The Theory of Complex Phenomena » ; rééd. in Hayek (1967) op. cit. p. 22-42.
- Hayek F. A. (1967) ; *Studies in Philosophy, Politics and Economics* ; University of Chicago Press, Chicago.
- Hayek F. A. (1979) ; *Law, Legislation and Liberty Vol 3, The Political Order of a Free People* ; Routledge, London, trad. française : *Droit, législation et liberté Vol. 3 : l'ordre politique d'un peuple libre*, Presses Universitaires de France, Paris 1983.
- Hayek F.A. (1973) ; *Law, Legislation and Liberty : A New Statement of the Liberal Principles of Justice and Political Economy Vol 1, Rules and Order* ; Routledge, London, trad. française : *Droit, législation et liberté, une nouvelle formulation des principes libéraux de justice et d'économie politique. Vol. 1 : règles et ordre*, Presses Universitaires de France, Paris 1980.
- Heffer J. (1976) ; *La Grande dépression : les Etats Unis en crise (1929-1933)* ; Col. « Archives » Gallimard, Paris.
- Henochsberg M. (2001) ; *La place du marché* ; Denoël , Paris.
- Henriet D., Volle M. (1987) ; « Une exploration de nouveaux équilibres du marché des télécommunications » ; *Annales des Télécommunications*, 42, 11-12, p. 673-685.
- Herzog P. (1968) ; « *prévisions économiques et comptabilité nationale* » ; Presses Universitaires de France, Paris.
- Heudin J.C. (1998) ; *L'évolution au bord du chaos* ; Hermes, Paris
- Hey J.D. (1979) ; *Uncertainty in Microeconomics* , New York University Press.
- Hilferding R. (1910) ; *Le capital financier*, Editions de Minuit, Paris.
- Hobbes T. (1651) ; *Léviathan*, trad fr. Syrey, Paris, 1971.
- Hodgson G.M. (1988) ; *Economics and Institutions* ; Basil Blackwell, Oxford.
- Hodgson G.M. (2001) ; *How economics forgot history. The problem of historical specificity in social science* ; Routledge, London, New York.
- Hodgson G.M., Scepanti E. (1991) eds. ; *Rethinking Economics : Markets, Technology and Economic Evolution* Edward Elgar.
- Hofbauer J., Sigmund K. (1998) ; *The Theory of Evolution and Dynamical Systems*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Holland J. (1975) ; *Adaptation in Natural and Artificial Systems* ; Univerity of Michigan Press, Ann Arbor, Mich.2ème Edition, MIT Press (1992).
- Holland J. (1986); « A Mathematical framework for Studying Learning in Classifier Systems » ; in D. Farmer et alii. (1986) eds., *Evolution, Games and Learning : Models for Adaptation in Machine and Nature*, North Holland, Amsterdam.
- Holland J. (1995) ; *Hidden Order ; How Adaptation Builds Complexity* ; Perseus Books, Reading, Massachusetts.
- Holland J. (1998) ; *Emergence from Chaos to Order* ; Helix Books, Addison-Wesley Pub.Co, Reading Ma.
- Holland J., Miller J. (1991) ; « Artificial Adaptive Agents in Economic Theory » ; *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 81-2, p. 365-370.
- Hollingsworth J.R., Boyer R. (1997) eds. ; *Contemporary Capitalism ; The embeddedness of institutions* ; Cambridge University Press, Cambridge, Ma.
- Hopfield J. (1982) ; « Nzural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities » ; P.N.A.S. U.S.A. Vol 79, p.2554-25558.
- Hors, I. (1995) ; « Des modèles de transition de phase en économie ? » ; *Revue Economique*, p. 817-826.
- Hors, I., Lordon F. (1994) ; « des modèles de transition de phase en économie ? », colloque *EUNETIC, Evolutionnary Economics of Technological Change*, Strasbourg.
- Hounshell D.A. (1984) ; *From the American system to mass production* ; The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Hugon P. (1991) ; « L'économie du développement, le temps et l'histoire ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42-2 mars, p. 339-364.
- Ioanides Y.M. (1990) ; « Trading Uncertainty and Market Structure » ; *International Economic Review* 31(3) p. 619-638.
- Ioanides Y.M. (1997) ; « Evolution of Trading Structures » ; in Arthur, Durlauf, Lane (1997) eds., op. cit. p.129-161.
- Irwin D.A., Klenow P.J., (1994) « Learning by doing : Spillovers in the Semi conductor industry » ; *Journal of Political Economy*, 106 -6 p. 1200-1227.
- Jacob A. Vérin H. (1995) eds. ; *L'inscription Sociale du Marché* ; Editions L'Harmattan , Paris.
- Jacob P. (1980) dir.; *De Vienne à Cambridge, l'héritage du positivisme logique* ; Col. « Tel » Gallimard, Paris.
- Jacot J.H. (1976) ; *Croissance économique et fluctuations conjoncturelles, une présentation critique* ; PUL, Lyon.
- Jacquemin A. (1985) ; *Sélection et pouvoir dans la nouvelle économie industrielle* ; Economica - Cabay, Paris - Louvain.
- Jensen, H.J. (1998) ; *Self-Organized Criticality : Emergent Complex Behavior in Physical and Biological Systems* ; Cambridge University Press ; Cambridge, ma.
- Jipp (1963) ; « Richesse des nations et densité téléphonique » ; *Journal des télécommunications* ; p. 199-201
- Johnson N.L., Kotz S. (1977) ; *Urn Models and Their Application - An Approach to Modern Discrete Probability Theory* ; John Wiley & Sons, New York, Chichester.
- Judd K. L. (1985) ; « On the Performance of Patents » ; *Econometrica*, 53 ; p. 567-586.
- Judd K. L., Petersen B.C. (1985) ; « Dynamic Limit Pricing and Internal Finance » ; *Journal of Economic Theory*, 39 p.369-399.

- Julliard M. (1995) « Régimes d'accumulation » ; in Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit. p. 225-233.
- Jullien N. (2001) ; *Impact du logiciel libre sur l'industrie informatique* ; thèse pour le doctorat de Sciences Economiques, Université de Bretagne Occidentale.
- Kaldor N. (1961) ; « Capital Accumulation and Economic Growth » in Lutz F.A., Hague D., *The Theory of Capital*, Mac Millan, p.177-222, trad. française partielle « Accumulation du capital et croissance économique » ; in Abraham-Frois (1974) ed. op.cit., p.112-132.
- Kaldor N. (1987) ; *Economie & Instabilité* ; articles présentés par Boyer, de Largentaye, Petit, Schméder, Schrameck- de Largentaye, Economica, Paris.
- Kandori, M., Mailath, G., Rob R. (1993) ; « Learning, Mutation, and Long Run Equilibria in Games » ; *Econometrica*, 61, 29-56.
- Kauffman S.A. (1993) ; *The Origins of Order* ; Oxford University press, Oxford.
- Kauffman S.A. (1995a) ; *At Home in the Universe : The Search for Laws of Self-Organization and Complexity* ;
- Kauffman S.A. (1995b) ; « Antichaos et adaptation » ; *Pour la Science*, HS « Le Chaos », p.104-110.
- Kauffman S.A. Johsen S. (1991) ; « Coevolution to the Edge of Chaos - Coupled Fitness Landscape, Poised States, and Coevolutionary Avalanches » ; in *Journal of Theoretical Biology*, 149 p. 467.
- Keynes J.N. (1891) ; *The scope and method of political economy* ; reprinted Kelly & Mc Millan, New York, 1955.
- Kindermann R., Snell J. L. (1980a) ; *Markov Random Fields and their Applications* , American Mathematical Society, Providence, Rhode Island
- Kindermann R., Snell J. L. (1980b) ; « On the relation between markov random fields and social networks » ; *Journal of Mathematical Sociology*, 7, p.1-13.
- Kindleberger C.P. (1973) ; *The World in Depression, 1929-1939*, University of California Press.
- Kirchkamp O. (1996) ; *Evolution and learning in Spatial Models* ; Thèse université de Bonn.
- Kirchkamp O. (1999) ; « Simultaneous evolution of learning rules and strategies », *Journal of Economic Behaviour and Organization*, Vol. 40/3, pp. 295-312.);
- Kirchkamp O. (2000a), « Spatial Evolution of Automata in the Prisoners' Dilemma » ; *Journal of Economic Behaviour and Organization*, Vol. 43, pp. 239-262.);
- Kirchkamp O. (2000b) ; « Evolution of Learning Rules in Space » ; in Suleiman R., Troitzsch K.G., Gilbert N., (2000) eds. op.cit.
- Kirman A. (1983) ; « Communications in Markets : A suggested Approach » ; *Economic letters*, 12 p. 1-5.
- Kirman A. (1989) ; « The Intrinsic Limits of Modern Economic Theory : The Emperor Has No Clothes » ; *The Economic Journal*, 99 p. 126-139
- Kirman A. (1992a); « Whom or What Does the Representative Individual Represent ? » ; *Journal of Economic Perspective*, Vol. 6-2, Spring, p. 117-136.
- Kirman A. (1992b) ; « Variety : the coexistence of techniques » ; *Revue d'Economie Industrielle*, N°59, 1° trimestre, p. 62-74.
- Kirman A. (1993) ; « Ants, Rationality and recruitment » ; *Quarterly Journal of Economics*, February p.137-156.
- Kirman A. (1997) ; « Interaction and markets » ; *WP GREQAM 97A02*, janvier.

- Kirman A. (1997b) ; « The Economy as an Interactive System » in Arthur, Durlauf, Lane (1997) eds., op.cit. p. 491-531.
- Kirman A. (1997c) ; « The Economy as an Evolving Network » ; *Journal of Evolutionary Economics*, 7, p.339-353.
- Kirman A. (1998); « Information et prix » Ch. 6 de Petit (1998) ed. op.cit. p.131-147.
- Kirman A. (1999) ; « Aggregate Activity and Economic Organization » ; *Revue Européenne de Sciences Sociales*, Tome XXXVII, N°113 p. 189-230.
- Kirman A (1999b) ; « Quelques réflexions à propos du point de vue des économistes sur le rôle de la structure organisationnelle dans l'économie », *Revue d'Economie Industrielle*, n° 88, pp. 91-110.
- Kirman A., Oddou C., Weber S. (1986); « Stochastic communication and coalition formation » ; *Econometrica*, 54 p. 129-138.
- Kirman A., Salmon M. (1995) eds. ; *Learning and Rationality in Economics* ; Blackwell, Oxford.
- Kirman A., Vriend N.J. (2001); « Evolving market structure : an ACE model of price dispersion and loyalty » ; *Journal of Economic Dynamics & Control* ; 25 p. 459-502.
- Kirzner I.M. (1979) ; *Perception Opportunity and Profit* ; University of Chicago Press, Chicago.
- Klee R.L. (1984) ; « Micro-determinism and concepts of emergence » ; *Philosophy of Science*, 51, p. 44-63.
- Klemperer P. (1987) ; « Markets with consumer switching costs » ; *Quarterly Journal of Economics*, 102 p.375-394.
- Klos T.B., Nootboom B. (2001) ; « Agent-based computational transaction cost economics » ; *Journal of Economic Dynamics & Control*, 25, p.503-526.
- Knight F. (1921) ; *Risk, uncertainty and profit* ; Houghton-Mifflin, New York.
- Kohn M.G., Shavell S. (1974) ; « The theory of Search » ; *Journal of Economic Theory*, 9 , p.93-123.
- Krugman P. (1998) ; *L'économie auto-organisatrice* ; De Boeck Université.
- Kuhn T.S. (1962) ; *The Structure of Scientific Revolution* ; University of Chicago Press, trad. française : *La structure des révolutions scientifiques*, Col. « Champs » Flammarion, Paris, 1983.
- Kuczynski J. (1946) ; *A short History of Labour Conditions under Industrial Capitalism, Vol IV, France 1700 to the Present Day* ; Muller, London.
- Labrousse E. (1933) ; *Esquisse du mouvement des prix et des revenus en France au XVIII^e siècle* ; réédition : Edition des archives contemporaines, Paris 1984.
- Laffont J.J. (1991a) ; « Nouvelles formes de réglementation » ; *Communications et Stratégies*, 4, p 15-30.
- Laffont J.J. (1991b) ; *Economie de l'incertain et de l'information* ; Economica, Paris.
- Laffont J.J. (1993) ; « A propos de l'émergence de la théorie des incitations », *Revue Française de Gestion*, novembre-décembre
- Laffont J.J. (2000) ; « Information et économie publique », *Economie & Prévision* N°145 juillet septembre.
- Laffont J.J., Tirole J. (1986) ; « Une théorie normative des contrats Etat-entreprises », *Annales d'Economie et de Statistiques*, 1, p 107-132
- Laffont J.J., Tirole J. (1993) ; *A Theory of Incentives in Regulation and Procurement* ; The MIT Press Cambridge (Mass.).

- Laffont J.J., Tirole J. (1994) ; « Acces Pricing and Competition » ; *European Economic Review*, 38 ; 1673-1710.
- Laffont J.J., Tirole J. (1996) ; « Creating Competition through Interconnection : Theory and Practice » ; *Journal of Regulatory Economics*, 10-3 p. 227-256.
- Laffont J.J., Tirole J. (2000) ; *Competition in Telecommunications* ; The MIT Press Cambridge (Mass.).
- Lambert J.P., *Disequilibrium macro models based on business survey data* ; thèse de doctorat, Louvain-la Neuve, Université catholique de Louvain.
- Lambert J.P. (1987) ; *Disequilibrium Macroeconomic Models* ; Cambridge University Press.
- Lancaster K. (1966) ; « A new Approach to Consumer Theory » ; *Journal of Political Economy*, 74, P. 132-157.
- Lancaster K. (1971) ; *Consumer Demand : A New Approach* ; Columbia University Press NY.
- Lancaster K. (1975) ; « Socially Optimal Product Differentiation » ; *American Economic Review* 65 p. 567-585.
- Lancaster K. (1979) ; *Variety, Equity and Efficiency* ; Basil Blackwell, Oxford.
- Lane (1993) ; « Artificial worlds and Economics part I & II » ; *Journal of Evolutionary Economics*, 3 p.89-107, p.177-197.
- Lange O. (1965) ; *Wstep do cybernetki ekonomicznej* ; Panstwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa. Trad française : *Introduction à l'économie cybernétique*, Sirey, Paris, 1976.
- Langlois C.V., Seignobos C. (1897) ; *Introduction aux sciences historiques* ; Hachette, Paris, réed. avec une préface de Madeleine Reberieux, Kiné, Paris, 1992.
- Langlois R.N. (1986) ed. ; *Economic as a Process Essays in the New Institutional Economics* ; Cambridge University Press
- Langlois R.N. (1992) ; « Transaction cost economics in real time » ; *Industrial Corporate Change*, june pp. 99-127
- Langlois R.N., Robertson P.L. (1995) ; *Firms, Markets and Economic Change A Dynamic Theory for Business Institutions* ; Routledge London, NY.
- Langton C.G. (1984) ; « Self-Reproduction on a Cellular Automaton », *Physica D*, N°10.
- Langton C.G. (1989) ed. ; *Artificial life* ; Addison-Wesley, Redwood City Ca.
- Langton C.G. (1991) ; « Life at the Edge of Chaos » in Langton et alii. (1991) eds., op. cit.
- Langton C.G. (1995) ed. ; *Artificial life: an overview* ; Col. « Complex adaptive systems », MIT Press, Cambridge
- Langton C.G., Taylor C., Farmer J.D. Rasmussen S. (1991) eds. ; *Artificial life II* ; SFI Studies in the sciences of Complexity, vol X ; Addison-Wesley.
- Laslier J.F., Topol R., Walliser B. (1996) ; « A Behavioral Learning Process uin Games » ; *Communication au colloque international CNAM & CREA*, Paris.
- Latouche S. (1994) ; « Histoire et économie : d'un mariage raté à un divorce impossible ; les malentendus d'une cohabitation conflictuelle » ; Colloque *Economie Historique, Bilan et perspectives* 1-2 décembre.
- Le Moigne J.L. (1990) ; *La modélisation des systèmes complexes* ; Bordas-Dunod, Paris.
- Leakey R., Lewin R. (1995) ; *The Sixth Extinction, Patterns of Life and the Future of Humankind* ; Doubleday Dell, 1995, trad. française : *La sixième extinction, évolutions et catastrophes*, Col. « Champs », Flammarion Paris, 1997.
- LeBaron B. (2000) ; « Agent Based computational finance : Suggested readings and early research » ; *Journal of Economic Dynamics & Control*, 24 p. 679-702.

- LeBas C. (1991) ; *Economie du changement technique* ; L'interdisciplinaire, Limonest.
- Lecourt D. (1971) ; *Pour une critique de l'épistémologie* ; Col. « Théorie », Maspero.
- Lecourt D. (1981) ; *L'ordre et les jeux : Le positivisme logique en question* ; Grasset, Paris.
- Lecourt D. (1999) dir. ; *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences* ; Presses Universitaires de France, Paris.
- LeGoff J, Nora P. (1974) ; *Faire de l'Histoire* ; Col. « Bibliothèque des histoires », 3 tomes Gallimard, Paris.
- Leloup B. (2001) ; « Apprentissage optimal par expérimentation: la représentation Bêta – Logistique d'un monopoleur » ; Huitième Rencontre Internationale, *Approches Connexionnistes en Economie et Sciences de Gestion*, Rennes, 22 et 23 Novembre 2001.
- Leloup B. (2002), « L'incertitude de deuxième ordre en économie : le compromis exploration vs. Exploitation » ; *Thèse de Doctorat en Economie*, Ecole Normale Supérieure (Cachan).
- Leloup B., Bourguine P. (2000) ; « May Optimal Learning Explain the Ultimatum Game Paradox ? » ; *note GRID ENS -Cachan*, version révisée de Bourguine, Leloup (1998b)
- Le Roy Ladurie E. (1976) ; « La Crise et l'Histoire » , *Communications* N° 25
- Lesne A. (1996) ; *Méthodes de renormalisation, phénomènes critiques, chaos, fractales* ; Eyrolles, Paris.
- Lesourne J. (1985) ; « A la recherche d'une théorie de l'auto-organisation » ; *Revue d'Economie Politique*, N°3, p. 559
- Lesourne J. (1991) ; *Economie de l'ordre et du désordre* ; Economica, Paris.
- Lesourne J., Orléan A. (1998) eds. ; *Advances in Self-Organization and Evolutionary Economics* ; Economica, Londres Paris.
- Lettau M., Uhlig H. (1999) ; « Rules of Thumb versus Dynamic Programming » ; *American Economic Review*, Vol.89,N°1, march, p.148-174.
- Lévy P. (1994) ; *L'intelligence collective, pour une anthropologie du cyberspace* ; Col. « Sciences et Société », La découverte, Paris.
- Lévy Strauss C. (1991) ; *Histoire de Lynx*, Plon, Paris.
- Lévy-Leboyer M., Bourguignon F. (1985) ; *L'économie Française au XIX^e siècle - Analyse macro-économique* Economica Paris.
- Lewchuk W. (1987) ; *American technology and the british vehicle industry* ; Cambridge University Press.
- Lewin, R. (1994) ; *La Complexité : une théorie de la vie au bord du chaos* ; InterEditions, Paris
- Lewis D.K. (1969) ; *Covention, a philosophical Study*, Harvard University Press Cambridge Mass
- Lewis W.A. (1978) ; *Growth and Fluctuations, 1870-1913* ; Georges Allen and Unwin.
- Lhomme J. (1965) ; « Les enseignements théoriques à retirer d'une étude sur les salaires dans la longue période » ; *Revue Economique*, N°1.
- Lhomme J. (1967) ; *Economie et histoire* ; Librairie Droz, Genève.
- Lhomme J. (1968) ; « Le pouvoir d'achat de l'ouvrier français au cours d'un siècle : 1840-1940 » ; *Le Mouvement Social*, N°63, p. 41-69.
- Lipietz A. (1979) ; *Crise et inflation pourquoi ?* ; Col. « Economie et socialisme », Vol 36 Maspero Paris.
- Lipietz A. (1990) ; « Une école est née : l'économie des conventions » ; *Libération*, 31 janvier, p.35.
- Lippman S.A., McCall J.J. (1981) ; « The Economics of uncertainty : selected topics and probabilistic methods » ; Chapitre 6 in Arrow, Intriligator (1981) eds., *Handbook of Mathematical Economics, Vol I*, North Holland pub. co. Amsterdam, New York, p. 211-284.

- Littlechild S. (1975) ; « Two-part tariffs and consumption externalities » ; *Bell Journal of Economics*, 6/2 .
- Littlechild S. (1983) ; *Regulation of British Telecommunication profitability* : Department of industry, HMSO, London.
- Littlechild S. (1986) ; « Three types of market process » ; in Langlois (1986) ed., op. cit. p.27-40
- Livet P., Thevenot L. (1994) ; « les catégories de l'action collective » ; in Orlean (1994) ed., op.cit..
- Longuet S. (1998) ; *Hayek et l'école autrichienne* ; CIRCA, Nathan Paris.
- Lordon F. (1991) ; « théorie de la croissance, quelques développements récents, deuxième partie : la redécouverte des rendements croissants » ; *Revue de l'OFCE*, N° 37.
- Lordon F. (1993a) ; *Irrégularité des trajectoires de croissance, évolutions et dynamique non linéaire. Vers une schématisation de l'endométabolisme* ; Thèse inédite sous la direction de R.Boyer, EHESS.
- Lordon F. (1993b) ; « Modéliser les fluctuations, le changement structurel et les crises » ; *Revue d'Economie Politique*, 104/2-3.
- Lordon F. (1995a) ; « Formaliser la dynamique et les crises régulationnistes » ; in : Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit., p. 264-272.
- Lordon F. (1995b) ; « Théorie de la Régulation et Politique Economique » ; in : Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit., p. 198-206.
- Lordon F. (1997a) ; *Les quadratures de la politique économique : les infortunes de la vertu* ; Albin Michel, Paris.
- Lordon F. (1997b) ; « Les apories de la politique économique à l'époque des marchés financiers » ; *Annales Histories, Sciences Sociales*, N°1
- Lordon F. (1997c) ; « Le désir de faire science » ; *Actes de la recherche en sciences sociales*, « Economie et économistes », N°119, septembre.
- Lotter F. (1997) ; « Eléments de dynamique transactionnelle gouvernance et organisation industrielle » ; *WP 97-01*; Centre ATOM, Université Paris I.
- Loubet J.L. (1979) ; *La société Anonyme André Citroën, 1924-1968, étude historique* ; Thèse de Doctorat 3° cycle Université Paris X Nanterre 1979.
- Loubet J.L. (2001) ; *Histoire de l'automobile française* ; Col. « L'univers historique », Seuil, Paris.
- Luhmann N. (1999) ; *Politique et complexité. Les contributions de la théorie générale des systèmes* ; Le Cerf (Humanités).
- Luna F., Stefansson B. (2000) ; *Economic Simulations in Swarm: Agent-Based Modelling and Object* ; Advances in Computational Economics V14, Kluwer Academic Publishers.
- Lundwall B.A. (1992) ; *National Systems of Innovation : towards a theory of innovation and interactive learning* ; Printer Publishers London.
- Magnusson L., Ottosson J. (1996) ; « Transaction Costs and Institutional Change » in Groenewegen (1996) ed., op. cit. p. 351-364.
- Mailath G.J. (1993) ; « Perpetual Randomness in Evolutionary Economics » ; *Economics Letters*, Vol. 42 N°2-3, pp. 291-99.
- Mairesse J. (1972) ; *L'évaluation du capital fixe productif*, INSEE, Paris.
- Malherbe J.F. (1979) ; *La philosophie de Karl Popper et le positivisme Logique* ; Col. « Bibliothèque de la faculté de Philosophie et Lettres », Presses Universitaire de Namur et Presses Universitaires de France, Paris.
- Malinvaud E. (1981) ; *Méthodes statistiques de l'économétrie* ; 3°édition, Col « Finance et économie appliquée » ; Dunod, Paris.

- Mandelbrot B. (1973a) ; « Formes nouvelles du hasard dans les sciences » ; *Economie Appliquée*, 26 p.307-319 ; rééd. dans Mandelbrot (1997), chapitre 2.
- Mandelbrot B. (1973b) ; « Le syndrome de la variance infinie et ses rapports avec la discontinuité des prix » ; *Economie Appliquée*, 26 p. 321-348 ; rééd. dans Mandelbrot (1997), chapitre 3.
- Mandelbrot B. (1973c) ; « Le problème de la réalité des cycles lents et le syndrome de Joseph » ; *Economie Appliquée*, 26 p.349-365 ; rééd. dans Mandelbrot (1997), chapitre 3.
- Mandelbrot B. (1997) ; *Fractales, Hasard et Finance (1959-1997)* ; Col. « Champs », Flammarion, Paris.
- Mangematin V. (1992) « Entre marketing et innovation : le début du processus de compétition technologique » ; *Recherches et Applications en Marketing* Vol.7 N°4 p. 33-54.
- Manski C.F. (2000) « Economic Analysis of Social Interaction » ; *Journal of Economic Perspectives*, Vol.14 N°2, p. 523-536.
- Marengo L. Tordjman H. (1996) ; « Speculation, Heterogeneity and Learning : A simulation Model of Exchange Rates Dynamics » ; *Kyklos*, Vol49 fas 3 p.407-438.
- Margairaz M. (1975) ; « Les socialistes face à l'économie et à la société en juin 1936 » ; *Le Mouvement Social*, N°93 octobre-décembre, p.87-10 ; rééd. Dans Bouvier (1986) dir., p.132-155
- Margairaz M. (1979) ; « Capitalisme et Etat à propos des politiques économiques en France de la crise à la seconde guerre mondiale » ; *Cahiers d'Histoire de l'Institut Maurice Thorez* N°31
- Margairaz M. (1982) ; « Contraintes et contradiction de la politique économique de la gauche en France au temps du Front populaire » ; Communication au colloque : *Politique Economique de la Gauche*, Paris, 20-21 novembre 1982.
- Marglin S. (1974) ; « What do bosses do ? The origin and function of hierarchy in capitalist production » ; *Review of Radical Political Economy*, 6 ; 60-112 ; trad. française in A. Gorz (1973) op.cit.
- Mariotti (1997) in Dang Nguyen, Petit, Phan (1997) « La Société de l'Information, performances économiques et implications sociales » ; *Communications & Stratégies*, N° 28.
- Maris B. (1996) ; « Les figures du marché et le champ de l'économie des conventions » ; *Cahiers d'Economie Politique*, N°26 p.183-209.
- Martelli R. (1977) ; « Y a-t-il, y a-t-il eu des modèles de voies de passage d'un type de société à un autre ? » ; *La Pensée* N° 196, décembre, réédité dans les *Cahiers de l'Institut Maurice Thorez*, N°24 1° trimestre 1978
- Marwell G. Oliver P. (1993) *The Critical Mass in Collective Action : A Micro Social Theory* ; Cambridge University Press, Cambridge.
- Marx K. (1857) ; Introduction générale à la critique de l'économie politique, Œuvres Tome I Economie, Col. « La Pleiade », Gallimard, Paris p.235-266.
- Mattick P. (1974) ; *Krisen un Krisentheorien* ; Fischer Verlag, trad. française : *Crise et théorie des crises*, Editions Champs Libre
- May R.M., Nowak M.A. (1992) ; « Evolutionary Games and Spatial Chaos » ; *Nature*, 359, p.826-829.
- May R.M., Nowak M.A. (1993) ; « The Spatial Dilemmas of Evolution » ; *International Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol.3-1 p.35-78
- Maynard Smith J. (1982) *Evolution and the Theory of Games* ; Cambridge University Press, Cambridge.
- Mazier J. (1978) ; *La macroéconomie appliquée* ; Col. « l'économiste », Presses Universitaires de France, Paris.

- Mazier J., Baslé M. Vidal J.F. (1984) ; *Quand les crises durent...* ; Economica 2° ed 1993.
- Mazier J., Picaud Y. Podevin G., Bertrand H. (1982) ; « Les deux crises des années 1930 et des années 1970 » ; *Revue Economique* Vol 33/2 Mars. P.234-273.
- McCall J. (1965) ; « The economics of Information and Optimal Stopping Rules » ; *Journal of Business*, Vol. 38, N°3 July
- McFadden D. (1984) ; « Econometric Analysis of Qualitative Reponse Models » ; in Griliches, Intrilligator (1984) eds., *Handbook of Econometrics*, Vol II, North Holland Amsterdam.
- McKusic M. K. (1999) ; « Twenty Years of Berkeley Unix : From AT&T-Owned to Freely Redistributable » ; in Di Bonna, Ockman, Stone (1999) eds., op.cit.
- Medinger C. (1994) ; *Science économique : questions de méthode* ; Vuibert, Paris.
- Menard C. (1995) ; *L'économie des organisations* ; La Découverte, Paris.
- Mensch G. (1979) ; *Stalemate in technology* ; Ballinger Cambridge Ma.
- Mesure S. (1990) ; *Dilthey et la fondation des sciences historiques* ; Coll. " Sociologies", Presses Universitaires de France, Paris.
- Michel A.P. (1995) ; « L'introduction du travail à la chaîne chez Renault » ; Mémoire de DEA EHESS.
- Michel A.P. (1996) ; « Quelles sont les chaînes qui fonctionnent dans les usines Renault de l'entre-deux-guerre ? » ; *Actes du GERPISA* - numéro 17, juin.
- Milgram S. (1967) ; « The Small-World Problem » ; *Psychology Today*, 1 may p. 62-67.
- Mistral J. (1976) ; *Accumulation du capital, croissances nationales, concurrence internationale* ; Thèse pour le Doctorat de sciences Economique, Université de Paris I
- Mistral J. (1978) ; « compétitivité et formation du capital en longue période » ; *Economie et Statistique*, 29 février.
- Mistral J. (1982) ; « La diffusion internationale de l'accumulation intensive et sa crise » in Reiffers J.L. (éd.), (1982), op.cit..
- Mistral J. (1986) ; « Régime international et trajectoires nationales » in Boyer R. (éd.), (1986). Op.cit.
- Mitchell B., Vogelsang I. (1991) ; *Telecommunication Pricing : Theory and Practice* ; Cambridge University Press.
- Montmollin M. (de), Pastre O. (1984) eds. ; *Le Taylorisme* ; La Découverte, Paris.
- Morgenstern O. (1963) ; *On the Accuracy of Economic Observations* ; Princeton University Press, trad. française : *Précision et incertitude des données économiques* ; Dunod, Paris, 1972.
- Moscovici S. (1979) ; *Psychologie des minorités actives* ; Presses Universitaires de France, Paris.
- Moscovici S. (1984) ; *Psychologie sociale* ; Presses Universitaires de France ; Paris
- Moutet A. (1975) ; « Patronat français et système Taylor avant 1914 » ; *Le Mouvement Social*, N° 93 octobre-décembre..
- Moutet A. (1992) ; *La rationalisation industrielle dans l'économie Française au XX° siècle*; Thèse d'Etat.
- Moutet A. (1995) ; « La rationalisation industrielle dans l'économie française au XX° siècle » ; *Actes du GERPISA* N°16, dossier sur « Ford et les autres entre les deux guerres », août, Evry.
- Mowery D.C. (1996) ed. ; *The International Computer Software Industry, a comparative Study of Industry Evolution and structure* ; Oxford University Press.
- Mueller M. (1993) ; « Universal Service in Telephone History » ; *Telecommunication Policy*, July, trad. française : « Le service universel dans l'histoire du téléphone » , *Réseaux*, n°66, 1994 p. 11-36.

- Muet P.A., Artus P. (1980) ; « Une étude comparative des propriétés dynamiques de dix modèles américains et de cinq modèles français » ; *Revue Economique*, Vol .31 -1 janvier.
- Muller P.A. (2000) ; *Modélisation objet avec UML* ; 2eme ed. Eyrolles, Paris.
- Nadal J.P. (1993) ; *Réseaux de neurones : de la physique à la psychologie* ; Collection 2ai, Armand Colin (repris par Dunod/Masson)
- Nadal J.P., Weisbusch G., Chenevez O., Kirman A. (1998) ; « A Formal Approach to Market Organisation : Choice Functions, Mean Field Approximation and Maximum Entropy Principle... » in Lesourne, Orléan (1998) eds., op.cit.
- Nelson R.R. (1993) ed. ; *National Systems of innovation* ; OUP, New York.
- Nelson R.R. (1994) ; « The Co-evolution of Technology, Industrial Structure and Supporting Institutions » ; *Industrial and Corporate Change*, 3/1 p.47-64.
- Newman M.E.J Palmer R.G.. (1999) ; « Models of Extinction : A Review » mineo, Santa Fe Institute, 49 p, *Submitted to Philosophical Transactions of the Royal Society*.
- Newman M.E.J. (2000) ; « Small Worlds, the Structure of Social Networks » mineo, Santa Fe Institute, 9 p.
- Nicolis G., Prigogine I. (1989) ; *Exploring Complexity : An Introduction* ; trad. française : *A la rencontre du complexe* ; Presses Universitaires de France, Paris 1992.
- North D.C. (1981) ; *Structures and Change in Economic History*, W.W. Norton and Co.
- North D.C. (1990) ; *Institutions, institutional change and economic performance*, Cambridge University Press.
- Noteboom B. (1996) ; « Toward a Learning Based Model of Transactions » ; in Groenewegen J. (eds) (1996), op. cit. p. 351-364.
- Noumba Um P. (1997) ; *La privatisation des télécommunications, le cas des pays en développement* ; L'Harmattan, Paris.
- Olson M. (1965) ; *The Logic of Collective action* ; Harvard University Press, Cambridge, Ma., trad. française : *La logique de l'action collective* ; Presses Universitaires de France, Paris, 1978.
- Olson M. (2000) ; « Collective action and the evolution of social norms » ; *Journal of Economic Perspectives*, 14 p. 137-158.
- Orléan A. (1989) ; « Pour une approche cognitive des conventions économiques » ; *Revue Economique* ; N°40/2 Spécial « Economie des Conventions ».
- Orléan A. (1991) ; « Logique Walrassienne et incertitude qualitative : des travaux d'Akerlof et Stiglitz aux conventions de qualité » ; *Economies et Sociétés, série Oeconomica*, 14 p.137-160.
- Orléan A. (1992), « Contagion des opinions et fonctionnement du marché financier », *Revue Economique*.
- Orléan A. (1994) ed. ; *Analyse économique des conventions*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Orléan A. (1995a), « Bayesian interactions and collective dynamics of opinion : herd behavior and mimetic contagion », *Journal of economic Behavior and Organization*, 28p. 257-274.
- Orléan A. (1995b), « Influence organisationnelles et efficacité : un dilemme », CREA Rapports et documents, n°9519 juin, 26p
- Orléan A. (1996a); « De la stabilité évolutionniste à la stabilité stochastiques »; *Revue Economique*; 48/3 p.589-600.
- Orléan A. (1996b) ; « The role of imitation in collective learning » ; *mimeo CREA*, September, 13 p.
- Orléan A. (1997) ; « Jeux évolutionnistes et normes sociales » ; *Economie Appliquée*, L3 p.177-198.

- Orléan A. (1999) ; *Pouvoir de la Finance*, Odile Jacob.
- Orléan A. (2000) ; « Comprendre les foules spéculatives : mimétismes informationnel, autoréférentiel et normatif » ; forthcoming in Gravereau, Trauman eds. *Crises financières*.
- Orléan A., Tadjeddine Y. (1998) ; « Efficacité informationnelle et marchés financiers », in Petit ed. (1998). Op cit. p. 153-193.
- Packard N.H. (1988) ; « Adaptation Toward the Edge of Chaos » ; *Complexity in Biological Modeling*, Kelso & Shlesinger.
- Passeron J-C. (1991) ; *Le raisonnement sociologique : l'espace non-poppérien du raisonnement naturel* ; Nathan, Paris.
- Pavaux J. (1984) ; *L'économie du transport aérien, la concurrence impraticable* ; Economica, Paris.
- Pedersen S. (1989); *Social Policy and reconstruction of the family in Britain and France, 1900-1945* ; Ph D. Diss. Harvard University; 1989.
- Perez C. (1983) ; « Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems » ; *Futures*, p.357-375.
- Perroux F. (1965) ; *La pensée économique de Joseph Schumpeter; les dynamiques du capitalisme* Droz Genève.
- Perroux F. (1971) ; « Structuralisme, modèles économiques, structures économiques » ; *Economie Appliquée* N°3
- Perroux F. (1975) ; *Unités actives et mathématiques nouvelles, révision de la théorie de l'équilibre économique général* ; Dunod, Paris ; réédité dans Perroux (1994) op.cit.
- Perroux F. (1994) ; *Pouvoir et économie généralisée* ; PUG, Grenoble.
- Petit P. (1988) ; *La croissance tertiaire* ; Economica Paris.
- Petit P. (1991) ; *Services et télématique* ; rapport pour France Telecom / Direction de la Stratégie, Service d'Evaluation et de Prospective, CEPREMAP, Paris.
- Petit P. (1995) ; « De la croissance cumulative à la théorie de la régulation » ; in : Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit., p. 245-253.
- Petit P. (1996) ; « Organisation des marchés : le rôle des services et l'impact des nouveaux moyens de télécommunications » ; in Brousseau, Petit, Phan (1996) eds., op.cit. p.137-170.
- Petit P. (1998) ed. ; *Economie de l'Information* ; La Découverte, Paris.
- Petit P. (1998b) ; « Formes structurelles et régimes de croissance de l'après fordisme » ; *L'année de la régulation* Vol.2 La Découverte Paris.
- Piaget J. (1965) ; *Etudes Sociologiques* ; Librairie Droz, Genève, p.30 - 31.
- Piaget J. (1967) ed. ; *Logique et connaissance scientifique*; NRF Encyclopédie de la Pléiade, Paris.
- Piaget J. (1968) ; *Le structuralisme* ; Col. « Que sais-je ? » ; Presses Universitaires de France, Paris.
- Piaget J. (1970) ; *Epistémologie des sciences de l'homme* ; Unesco, rééd. Col. «Idées», Gallimard, Paris.
- Piaget J. (1973) ; « Introduction : le problème de l'explication » et « Remarques finales » ; in Apostel et alii (1973), op. cit. p.7-18 et p. 215-232.
- Piaget J. (1979) ; *L'épistémologie génétique* ; Col. « Que sais-je ? » Presses Universitaires de France, Paris.
- Piatecki C. (1984) ; *Modèles stochastiques et comportements économiques* ; Thèse de Doctorat d'Etat de sciences Economiques Université Paris II.

- Picard P. (1988) ; « La tarification optimale des télécommunications : une présentation synthétique » ; *Annales d'économie et de statistiques*, 12 p. 27-62.
- Pinot R. (1924) ; *Les oeuvres sociales dans les industries métallurgiques* ; Paris, Armand Colin.
- Polanyi K. (1944) ; *The Great Transformation* ; trad. française : *La Grande Transformation Aux origines politiques et économiques de notre temps*, Col. « Bibliothèque des sciences humaines », Gallimard Paris.
- Plouraboué F. Steyer A. Zimmermann, J.B. (1998) ; « Learning Induced Criticality in Consumer's Adoption Pattern : a neural network approach » ; *Economics of Innovation and new technologies*, Vol 6. P. 73-90.
- Poincaré H. (1908) ; *Sciences et méthode* ; Flammarion, Paris . Réédition Kimé, Paris 1999.
- Pólya G. (1931) ; « Sur quelques points de la théorie des probabilités » ; *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, p.117-161.
- Popper K. (1957) ; *The Poverty of Historicism* ; trad. Française : *Misère de l'historicisme*, Presses-Pocket (Agora),1988
- Popper K. (1963) ; « The Demarcation between Science and Metaphysics » ; in *Conjectures and Refutation*, Routledge and Kegan, Londres p.253-292 trad. française in Jacob (1980) dir., « La démarcation entre la science et la métaphysique », p. 131-192.
- Popper K. (1979) ; *Objective Knowledge* ; Oxford University Press, trad. française : *La connaissance objective*, Aubier 1991 réed. Col. « Champs » Flammarion, Paris 1998.
- Potts J. (2000) ; *The new Evolutionary Microeconomics ; Complexity, Competence, and Adaptive Behaviour* ; Col. « New Horizon in institutional and evolutionary economics », Edward Elgar, Cheltenham, U.K.
- Pratt J.W., Wise D.A., Zeckhauser R. (1979) ; « Price Differences in Almost Competitive Markets » ; *Quarterly Journal of Economics*, 93, p. 189-211.
- Prigogine I. (1980) ; *Physique, temps et devenir* ; Masson, Paris.
- Prigogine I. (1993) ; *Les lois du Chaos* ; Col. « Champs », Flammarion, Paris.
- Prigogine I. (1996) ; *La fin des certitudes* ; Odile Jacob, Paris.
- Prigogine I., Stengers I. (1979) ; *La Nouvelle Alliance, métamorphose de la science*, Gallimard, Paris.
- Prigogine I., Stengers I. (1988) ; *Entre le temps et l'éternité* ; Librairie Artème Fayard, réed. Col. « Champs », Flammarion, paris.
- Prost A. (1977) ; « Le climat social », in Rémond, Bourdin dir. (1977), p. 99-111.
- Prost A. (1996) ; *Douze leçons sur l'histoire* ; Col. « Histoire », Points Seuil , Paris.
- Prost A. (1997) ; « Les pratiques et les méthodes » ; *Sciences Humaines* HS N°18 septembre à octobre, réed. dans Rumano-Borbalan (1999) op.cit. p.385-391.
- Quelin B. (1992) ; « Trajectoires technologiques et diffusion de l'innovation : l'exemple des équipements de télécommunications » ; *Revue d'Economie Industrielle*, 62/4; 1992; p. 83-105.
- Quelin B. (1996) ; « Dynamique concurrentielle et globalisation : la concentration de l'industrie des équipements de télécommunications » ; in Brousseau, Petit, Phan (1996) eds., op.cit. p. 431-483.
- Raff D. (1988) ; « Wage determination Theory and the 5 \$ Day at Ford » ; *The Journal of Economic History* ; Vol. XLVIII/2 juin p. 387-399.
- Rallet A. (1993) ; « La théorie des conventions chez les économistes » ; *Réseaux*, N°62.
- Rauch J.E., Casella A. (2001) ; *Networks and markets* ; New York Russell Sage Foundation
- Reiffers J.L. (éd.), (1982) ; *Economie et finances internationales* ; Dunod, Paris.
- Reinganum, J.F (1979) ; « A Simple Model of Equilibrium Price Dispersion » ; *Journal of Political Economy*, 87 (4), p. 851-858.

- Rémond R., Bourdin J. (dir) (1977) ; *Edouard Daladier, Chef de gouvernement*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences politiques, Paris.
- Renouvin P., Rémond R., (dir) (1967) ; *Léon Blum, Chef de gouvernement*, Paris, Presses de la Fondation Nationale des Sciences politiques, Paris.
- Revue Economique* (1991) Numéro special : *Economie et histoire, nouvelles approches* ; Vol. 42-2 mars, introduction de Pierre Dockès, Bernard Rosier.
- Reynaud B. (1997) dir. ; *Les limites de la rationalité, Tome 2 : Les figures du collectif* ; Col. « Recherches », Colloque de Cerisy, La Découverte, Paris.
- Reynaud B. (1999) ; « Les analyses du collectif en économie » ; *La lettre de la Régulation* N°28 mars.
- Rickert H. (1899) ; *Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft*, Frieburg
- Rickert H. (1901) ; « Les quatre modes de « l'universel » dans l'histoire » ; *Revue de synthèse historique*, 2-5, p.121-140.
- Ricœur P. (1965) ; *De l'interprétation* ; Col. « L'ordre Philosophique », réed. Col. « Points Essais » N° 298, Seuil, Paris 1995.
- Ricœur P. (1977) ; « Expliquer et comprendre. Sur quelques connexion remarquables entre la théorie du texte, la théorie de l'action et la théorie de l'histoire » ; *Revue philosophique de Louvain*, tome 75, février p.126-147.
- Ricœur P. (1983) ; *Temps et Récit, tome1. L'intrigue et le récit historique* ; Col. « L'ordre Philosophique », réed. Col. « Points Essais » N° 228, Seuil, Paris
- Ricœur P. (2000) ; *La mémoire, l'histoire, l'oubli* ; Col. « L'ordre Philosophique », Seuil, Paris.
- Riordan M., Williamson O. E. (1985) ; « Asset specificity and Economic organisation » ; *International Journal of Industrial Organisation* ; 3.
- Rioux J.P. (1977) ; « La conciliation et l'arbitrage obligatoire des conflits du travail » in Remond, Bourdin (1977) eds., op. cit. p.112-128.
- Robbins L. (1932) ; *Nature and Significance of Economic Science* ; Macmillan, Londres.
- Rosenberg N. (1982) ; *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press
- Rosenberg N. (1994) ; *Exploring the black box ; Technology, economics, and history* ; Cambridge University Press
- Rosier B.(1975) ; *Croissance et crise capitaliste* ; Col. « Economie en liberté » ; Presses Universitaires de France, Paris
- Rosier B.(1988) ; *Les théories des crises économiques* ; Col. « Repères », La Découverte, Paris.
- Rostow W.W. (1957) ; « The Interrelation of Theory and Economic History » ; *Journal of Economic History*, december, 17, p. 509-523.
- Rothschild M. (1974) ; « A Two-Armed Bandit Theory of Market Pricing » ; *Journal of Economic Theory*, 9, p.185-202
- Rousseau J.J. (1762) ; *Du Contrat Social* ; redition in : *Œuvres complètes* tome III, Col. « La Pleiade », Gallimard, Paris 1964
- Rowe N. (1989) ; *Rules and institutions* ; Philip Allan, a division of Simon & Shuster.
- Rubinstein A. (1986) ; « Finite Automata Play a Repeated Prisoner's Dilemma » ; *Journal of Economic Theory*, 39, p.39-96.
- Rubinstein A. (1998) ; *Modeling Bounded Rationality* ; MIT Press Cambridge.
- Ruelle D. (1991) ; *Hasards et chaos* ; Col. « Opus », Odile Jacob, Paris.
- Rumano-Borbalan J.C. (1999) ed. ; *L'histoire aujourd'hui* ; Sciences humaines éditions, Auxerre

- Sakoda J.M. (1971) « The checkboard Model of Social Interaction » ; *Journal of Mathematical Sociology*, 1 p.119-132.
- Salais R. (1994) ; « Incertitude et interaction de travail : des produits aux conventions » ; in Orléan (1994), op.cit..
- Salais R., Storper M. (1993) ; *Les mondes de production, enquête sur l'identité de la France* ; Editions de l'EHESS Paris.
- Salop S.C., Stiglitz, J.E. (1977) ; « Bargains and ripoff : a model of monopolistically competitive price dispersion » ; Symposium on economics of information, *Review of Economic Studies*; 44/3 p. 493-510.
- Salop S.C., Stiglitz, J.E. (1982) ; « The theory of sales : a simple model of equilibrium price dispersion with identical agents » ; *American Economic Review*, 72/5; p. 1121-1130
- Samuelson L. (1997) ; *Evolutionary games and equilibrium selection* ; MIT Press series on economic learning and social evolution, MIT, Cambridge.
- Samuelson P.A. (1947) ; *Foundations of Economic Analysis* ; Harvard University Press, trad. française : *Les fondements de l'analyse économique*, Gauthier Villars - Dunod Paris 1971.
- Sanglier M., Fukang F. (1997) eds. ; *Complexity and Self-Organization in Social and Economic Systems* ; Lecture Notes in Economic and Mathematical Systems, Springer-Verlag, Berlin.
- Sargent T.J. (1993) ; *Bounded rationality in macroeconomics* ; Clarendon Press Oxford.
- Sauvy A. (1975) ; *Histoire Economique de la France entre les deux guerres*, 4 tomes, Fayard, Paris.
- Saussier S. (2000) ; « Coûts de transaction et choix contractuels : un test économétrique sur une entreprise publique », *Economie & Prévision* N°145 juillet septembre p. 169-180.
- Saviotti P.P. (1996) ; *Technological Evolution, Variety and the Economy* ; Cheltenham & Brookfield, Edward Elgar.
- Saviotti P.P., Metcalfe J.S. (1984) ; « A Theoretical Approach to Construction of Technological Output Indicators » ; *Research Policy*, 13
- Scheinkman J.A., Woodford M. (1994) ; « Self Organized Criticality and Economic Fluctuations » ; *American Economic Review*, 84, may p. 417-421.
- Schelling T.S. (1960) ; *The strategy of conflict* ; Harvard University Press, Cambridge, Mas.,; trad. française : *Stratégie du Conflit* ; Presses Universitaires de France, Paris 1986.
- Schelling T.S. (1969) ; « Models of Segregation » ; *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 59-2 p. 488-493.
- Schelling T.S. (1971) ; « Dynamic Models of Segregation » ; *Journal of Mathematical Sociology*, 1 p. 143-186.
- Schelling T.S. (1978) ; *Micromotives and Macrobbehavior* ; W.W. Norton and Co, N.Y. ; trad française : *La tyrannie des petites décisions* ; Presses Universitaires de France, Paris 1980.
- Schweitzer S. (1982) ; *Des engrenages à la chaîne, les usines Citroën 1915-1935* ; Presses Universitaires de Lyon, Lyon
- Schmalensee R. (1982a) ; « Product differentiation advantages of pioneering brands » ; *American Economic Review*, 72 p. 349-365.
- Schmalensee R. (1982b) ; « The new industrial organization and the economic analysis of modern markets » , in Hildenbrand (1982) ed., *Advances in Economic Theory*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Schmidt C. (1985) ; *La sémantique économique en question* ; Col. « Perspectives de l'économie - Critique », Calman-Levy, Paris.
- Schmookler J. (1966) ; *Invention and Economic Growth* ; Harvard University Press.

- Schotter A. (1981) ; *The Economic Theory of Social Institutions* ; Cambridge University Press.
- Schotter A. (1986) ; « The evolution of rules » ; in Langlois (1986) ed., op. cit. p. 117-132.
- Schumpeter J.A. (1911) ; *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung* ; trad. française : *Théorie de l'Evolution Economique* ; Dalloz, Paris, 1935.
- Schumpeter J.A. (1942) ; *Capitalism, Socialism and Democracy*, Allan and Unwin, London; trad. française : *Capitalisme, Socialisme et Democratie*, Payot Paris, 1951
- Schumpeter J.A. (1954) ; *History of Economic Analysis* ; Allen & Unwin, Oxford University Press, trad. française : *Histoire de l'analyse économique*, 3 tomes, nrf Gallimard, Paris, 1983.
- Seignobos C. (1901) ; *La méthode historique appliquée aux sciences sociales*, F. Alcan, Paris.
- Shaked A., Sutton J. (1982) ; « Relaxing Price Competition Through Product Differentiation » ; *Review of Economic Studies*, 49, 3-13.
- Shapiro C. Varian H.R. (1998) ; *Information Rules. A Strategic Guide to the Network Economy* ; Harvard Business School Press ; trad. française : *Economie de l'information, guide stratégique de l'économie des réseaux* ; DeBoeck Université, Paris, Bruxelles.
- Sharkey W.W. (1982) ; *The Theory of Natural Monopoly* ; Cambridge University Press.
- Simmel G. (1923) ; *Die Probleme der Geschichtsphilosophie Eine erkenntnistheoretische Studie* ; 5^e ed. Von Dunker & Humblot, Munich, Leipzig ; trad. française : *Les problèmes de la philosophie de l'histoire* ; Col. « sociologies », Presses Universitaires de France, Paris.
- Simon H.A. (1969) ; *The Sciences of Artificial* MIT Press Cambridge Mass. Trad. française par J.L. Le Moigne : *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel* ; Bordas-Dunod, Paris 1991
- Simon H.A. (1976) « Rational » ; in Latsis (1976) ed. *Method and Appraisal in Economics* p.129-148. trad française « De la Rationalité Substantive a la Rationalité Procédurale » ; *Pistes*, 3 octobre 1992 p. 25-43.
- Simon H.A. (1981) ; « The Architecture of Complexity » ; in *The Science of the Artificial*, 2^e ed MIT Press.
- Simon H.A. (1984) ; « On the Behavioral and Rational Foundation of Economic Dynamics » ; *Journal of Economic behavior and organization*, 5 p. 35-55.
- Simon J.P. (1991) ; *L'esprit des règles, réseaux et réglementation aux Etats Unis* ; Col. « Logiques juridiques » l'Harmattan, Paris.
- Solal P. (1999) ; *Interaction et information : une contribution à la théorie des jeux évolutionnaires* ; thèse pour le doctorat de sciences économiques Université Jean Monnet, Saint-Etienne.
- Somit A. Peterson S.A. (1989) ; *The Dynamics of Evolution. The Punctuated Equilibrium Debate in the Natural and Social Sciences* ; Cornell University Press Ithaca, London.
- Spence M. (1973) ; « Job market signaling » ; *Quarterly Journal of Economics*; 87 p. 355-374.
- Spence M. (1976) ; « informational aspects of market structure : an introduction » ; *Quarterly Journal of Economics*; 90 p. 591-597.
- Sperber D. (1996) ; *La contagion des idées* ; Odile Jacob Paris.
- Sperber D. (1997) ; « Individualisme méthodologique et cognitivisme » ; in Boudon R., Chazel F., Bouvier A. (1997) eds., *Cognition et sciences sociales*, Presses Universitaires de France, Paris. P. 123-136.
- Spitzer F. (1971a) ; « Markov Random Fields and Gibbs Ensemble » ; *American Mathematical Monthly*, 78 p.142-154.
- Spitzer F. (1971b) ; *Random Fields and Interacting Particle Systems* ; Mathematical Association of America, Providence.
- Stallman R.M. (1999) ; « The GNU Project » in Di Bonna, Ockman, Stone (1999) eds., op. cit.

- Staple G.C. (1992) ; « Winning the global telecoms market : the old service paradigm and the new one » ; *Telegeography* ; p. 32-55.
- Stauffer D., Aharony A. (1994) ; Introduction to Percolation Theory ; Taylor & Francis, Londres.
- Steyer A. Zimmermann J.B. (1996) « Externalité de réseau et adoption d'un standard dans une structure résiliaire » ; *Revue d'Economie Industrielle*, N°76 2°trim. P.67-90.
- Stigler G. (1961) ; « The economics of information » ; *Journal of Political Economy*, 69, 213-225.
- Stiglitz J.A.(1987) ; « The causes and consequences of the dependence of quality on price » ; *Journal of Economic Literature* ; 25 p. 1-48.
- Suchère T. Zeghni S. (1993) ; « Rationalité économique et comportements collectifs » ; *Economies et Sociétés*, série *Régulation*, R7 novembre, p. 35-54.
- Sugden R. (1989) ; « Spontaneous Order » ; *Journal of Economic Perspectives*; 3/4, p85-97.
- Sugden R. (1995) ; « The coexistence of conventions » ; *Journal of Economic Behavior and Organization*; 28 241-256.
- Suleiman R., Troitzsch K.G., Gilbert N., (2000) eds. ; *Tools and Techniques for Social Science Simulation* ; Physika Verlag, Heidelberg
- Sutton J. (1991) ; *Sunk Cost and Market Structure* ; The MIT Press Cambridge (Mass.).
- Sutton J. (1998) ; *Technology and Market Structure - Theory and History* ; The MIT Press Cambridge (Mass.).
- Skvoretz J. (1985) ; « Random and Biased networks : simulations and approximations » ; *Social Networks*, 7, p.225-261.
- Skvoretz J. (1990) ; « Biased Theory : approximations, simulations and observations » ; *Social Networks*, 12, p.217-238.
- Tarde G. (1900) ; *Les lois de l'imitation* ; Réédition Kimé, 1993.
- Terminal* (1999) ; « Logiciels libres : de l'utopie au marché » ; *Terminal*, Numéro Spécial 80-81 automne-hiver.
- Tesfatsion L. (1997) ; « How economists can get alife » in Arthur, Durlauf, Lane (1997) eds. op. cit.
- Tesfatsion L. (2001a) ; « Introduction to the special issue on agent-based computational economics » ; *Journal of Economic Dynamics & Control*, 25 p.281-293.
- Tesfatsion L. (2001b) ; « Agent-Based Computational Economics : Growing Economies from the Bottom Up » ; *ISU Economics Working Paper* N°1 December 14, Iowa State University.
- Theraulaz G., Spitz F. (eds) (1997) ; *Auto-organisation et comportement* ; Hermes, Paris.
- Theret B. (1990) ; « La place de l'Etat dans les théories économiques françaises de la régulation : éléments critiques et nouvelle position à la lumière de l'histoire » ; *Economie Appliquée*, N°2 t LXIII.
- Theret B. (1992) ; *Régimes économiques de l'ordre politique : esquisse d'une théorie régulationniste des limites de l'Etat* ; Presses Universitaires de France, Paris.
- Theret B. (1995) ; « Etat, finances publiques et régulation » ; in : Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit., p.189-197.
- Thévenot L. (1995) ; « Rationalité ou normes sociales : une opposition dépassée ? » in : Gérard-Varet L.A. , Passeron, J.C. (1995), op.cit.. , p.149-189.
- Tirole J. (1988) ; *The Theory of Industrial Organization* ; The MIT Press Cambridge (Mass.). trad. française : *Organisation industrielle* ; 2 tomes Economica, Paris.
- Topol R. (1991) ; « Bubbles and volatility of stock prices : effect of mimetic contagion » ; *Economic Journal*, 101, july p.786-800.
- Traimond P. (1982) ; *Essai sur la logique des structures économiques* ; le Sycomore, Paris.

- Ullmann-Margalit E. (1977) ; *The Emergence of Norms* ; Clarendon Press Oxford.
- Utterback J.M. (1994) ; *Mastering the dynamics of innovation* ; Harvard Business School Press, Boston.
- Valence A. (2001) ; « Dynamique salariale et norme sociale : une approche a posteriori par la théorie de la viabilité » ; forthcoming CEPREMAP couverture orange.
- Valente M. (2000) ; *Evolutionary Economics and Computer Simulations, A Model for the Evolution of Markets* ; PhD Thesis, Aalborg University.
- Valente M. (2001) ; « Modelling Demand for Innovative Products » ; mimeo Dipartimento di Economia, University of Trento, Italy
- Vallée T., Yldizoglu M (2002) ; « algorithmes génétiques pour l'économiste » mimeo
- Vanberg V. (1986) ; « Spontaneous Market Order and Social Rules, a critical Examination of F.A. Hayek's Theory of Cultural Evolution » , p.75-100.
- Varela F. (1979) ; *Principles of Biological Autonomy* ; Elsevier, North Holland, N.Y. ; trad. française : *Autonomie et Connaissance*, Seuil, Paris.
- Varela, F.J., Bourgine P. (1992) eds. ; *Towards a Practice of Autonomous Systems* ; Bradford Book MIT Press Cambridge.
- Varga E. (1935) ; *La Crise économique, sociale, politique* ; éditions sociales, Paris
- Varian H.R. (1980) ; « A model of sales » ; *American Economic Review* ; 70/4 p. 651-659
- Vasco T., Ayres R., Fontvielle L. (1990) eds. ; *Life Cycles and Long Waves* ; Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems, n°340, Springer Verlag.
- Verley P. (1995) ; « Histoire économique et théorie économique » ; in : Boyer R., Saillard Y. (1995) eds., op.cit., p.521-529.
- Vetz P. (1983) ; « Fordisme, rapport salarial et complexité des pratiques sociales » ; *Critiques de l'économie politique*, n°23-24, nouvelle série, avril septembre p. 30-42.
- Veyne P. (1971) ; *Comment on écrit l'histoire* ; réédition 1979, Col. « Histoire » H40, Points Seuil Paris.
- Vialle P. (1996) ; « L'orientation des opérateurs historiques vers le marché à la lumière du rôle des grands clients » ; in: Brousseau, Petit, Phan (1996) eds. op.cit. p. 387-425.
- Vicente J. (2000) ; Interactions économiques et coexistence spatiale des modes de coordination ; Thèse de doctorat en sciences économiques, Université de Toulouse I.
- Vidal J-F. (1989) ; *Les fluctuations internationales de 1880 à nos jours* ; Economica Paris.
- Vilar P. (1960) ; « Croissance économique et Analyse historique » ; *Première conférence internationale d'histoire économique*, Mouton.
- Vilar P. (1972) ; *Problèmes théoriques de l'histoire économique* ; dans La Nouvelle Critique, janvier ; réédité dans l'ouvrage collectif : *Aujourd'hui l'histoire*, Editions Sociales, 1974.
- Vilar P. (1973) ; « Histoire marxiste, histoire en construction » ; *Annales ESC N° 28*, janvier février p.165-188. Rééd. in LeGoff, Nora, dir. (1974) op. cit.
- Vilar P. (1982) ; *Une histoire en construction. Approche marxiste et problématiques conjoncturelles* ; Ecoles des Hautes Etudes Gallimard Seuil, Paris.
- Villa P. (1991) ; « Une explication des enchaînements macroéconomiques sur l'entre-deux-guerres » ; Boyer R. (1991) dir., op. cit. *Le Mouvement Social* N°154, p.213-244.
- Villa P. (1993) ; *Une analyse Macroéconomique de la France au XX^e siècle* ; ADRES Monographies d'économétrie CNRS Edition, Paris.
- Villa P. (1996) ; « La fonction de consommation sur longue période en France » ; *Revue Economique*, Vol 47/1 janvier 1996, p. 111-143.

- Von Neuman J. (1966) ; *Theory of Self-Reproducing Automata* ; edité et complété par Burks A ; University of Illinois Press.
- Von Weiszacker C.C. (1984) ; « The cost of substitution » ; *Econometrica*, 52/5 p. 1085-1116.
- Vriend N.J. (1995) ; « Self Organization of Markets : An Example of a Computational Approach » ; *Journal of Computational Economics* 8-3 p. 205-231.
- Vriend N.J. (1999) ; « Was Hayek an ACE ? » *Symposium on « the legacy of F.A. Hayek »* Freiburg, Germany May 6-9.
- Vriend N.J. (2000) ; « An illustration of the essential difference between individual and social learning, and its consequences for computational analyses » ; *Journal of Economic Dynamics & Control* ; 24 p. 1 -19.
- Waldrop M.M. (1993) ; *Complexity - The Emerging Science at the Edge of Chaos*, Touchstone Books, N.Y.
- Wallerstein I. (1991) ; « A Theory of Economic History in Place of Economic Theory ? » ; *Revue Economique* (N° special *Economie et histoire, nouvelles approches*) Vol 42 -2 mars, p. 233-272.
- Wallerstein I. (1974) ; *The Modern World-System* ; Academic Press, trad française : *Le Système du monde du XVe siècle à nos jours*, Flammarion, Paris, 1980.
- Wallis J.J., North D.C. (1994) ; « Integrating Institutional Change in Economic History. A Transaction Cost Approach » ; *Journal of Institutional and Theoretical Economics*; 150/4, December 609-624.
- Walliser B. (1977) ; *Systèmes et Modèles*, Seuil, Paris.
- Walliser B. (1985) ; *Anticipations, équilibres et rationalité économique* ; Calman Levy, Paris.
- Walliser B. (1989) ; « Instrumental rationality and cognitive rationality » ; *Theory and Decision*, 27, p.7-36.
- Walliser B. (1995) ; « Rationalité instrumentale et rationalité cognitive » ; in : Gérard-Varet L.A. , Passeron, J.C. (1995), op.cit., p. 309-322.
- Walliser B. (1998) ; « A spectrum of equilibration processes in game theory » ; *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 8-1, p. 67-87.
- Walliser B. (2000) ; *L'économie Cognitive* ; Odile Jacob, Paris.
- Watts D.J. (1999) ; *Small Worlds, the Dynamics of Networks between Order and Randomness* ; Col. « Princeton Studies in Complexity », Princeton University Press., Princeton.
- Watts D.J., Stogatz S.H. (1998) ; « Collective dynamics of « Small Worlds » networks » ; *Nature* 393, p.440-442.
- Weidlich & Haag (1983) ; *Concepts and Models of a Quantitative Sociology, the dynamics of interacting populations* ; Springer Verlag Berlin
- Weisbusch G. (1989) ; *Dynamique des Systèmes Complexes ; une introduction aux réseaux d'automates* ; InterEditions / CNRS, Paris.
- Weisbusch G., Kirman A. Herreiner D. (1998) ; « Market Organisation » in Lesourne, Orléan (1998) eds., op.cit..
- Wiener N. (1948) ; *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and Machine* ; New York.
- Williamson O.E. (1975) ; *The Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications*; The Free Press, New York.
- Williamson O.E. (1985); *The Economic Institutions of Capitalism*; The Free Press.

- Williamson O.E. (1988); "Technology and transaction cost economics; a reply"; *Journal of Economic Behavior and Organization*, n°10, 355-363.
- Williamson O.E. (1992); "Markets, hierarchies, and the modern corporation, an unfolding perspective"; *Journal of Economic Behavior and Organization*; n°17 p.335-352.
- Williamson O.E. (1993a); "Transaction cost Economics and Organization Theory"; *Industrial and Corporate Change*; n°2.
- Williamson O.E. (1993b); "The Economic Analysis of Institutions and Organizations. In general and with respect to Country Studies". Working Paper N° 133, OCDE, Paris.
- Williamson O.E. (1995); "Hierarchies, Market and Power in the Economy: An Economic Perspective"; *Industrial and Corporate Change*; n°4/1 p. 21-49.
- Williamson O.E. (1996) ; *The Mechanisms of Governance* ; Oxford University Press.
- Williamson O.E., Ouchi W.G. (1981) ; « The Markets and Hierarchies and Visible Hand Perspectives » ; in : Van, Joyce (1981) eds.; *Perspectives on Organizing Design and Behavior*; NY p. 347-370.
- Williamson O.E., Winter S. G. (1991) eds. ; *The nature of the firm*; Oxford University Press; 1991.
- Winter S.G. (1964) ; « Economic « Natural Selection » and the Theory of the Firm » ; *Yale Economic Essays*, (V4), pp. 225-272
- Winter S.G. (1991) ; « On Coase, Competence and the Corporation » in O.E. Williamson, S. Winter eds. (1991); *The nature of the firm*; Oxford University Press, p.179-195.
- Wolff S. (1996) ; « Dynamique des accords inter-entreprises dans le secteur des télécommunications: analyse de deux cas contrastés » ; in: Brousseau, Petit, Phan (1996) eds. op.cit. p. 457-484.
- Wolfram S. (1984) ; « Universality and Complexity in Cellular Automata », *Physica D*. N°10.
- Young B. (1999) ; « En faire cadeau » ; Chapitre 8 de Di Bonna Ockman, Stone (1999) op.cit.
- Young P. (1996) ; « The Economics of Conventions » ; *Journal of Economics Perspectives* ; 10/2, 105-122.
- Young P. (1998) ; *Individual Strategy and Social Structure. An Evolutionary Theory if Institutions* ; Princeton University Press, New Jersey.
- Zimmerman J.B. (1989) ; « Groupes industriels et grappes technologiques » *Revue d'Economie Industrielle*, Vol.47-5.
- Zimmerman J.B. (1995) ; « Le concept de grappes technologiques un cadre formel » ; *Revue Economique*, 46-5 septembre p. 1263-1295.
- Zimmerman J.B. (1995b) ; « l'industrie du logiciel : de la protection à la normalisation » in Basle et alii. (1995) eds., op. cit.
- Zipf G.K. (1949) ; *Human Behavior and the principle of least effort* ; Reading M.A. : Addison Wesley.

*

Plate-formes multi-agents pour l'économiste.

Ascape - <http://brook.edu/es/dynamics/models/ascape>

Cormas - <http://cormas.cirad.fr/>

LSD - http://www.business.auc.dk/~mv/research/topic_Lsd.html

Swarm - <http://www.swarm.org/> ; <http://www.swarm.com/>

Sommaire du Tome I

Publications et Travaux de Denis Phan reproduits dans le Tome II	V
1 - Publications reproduites dans le Tome II (1991-2001).....	V
2 - Travaux inédits présentés dans des colloques reproduits dans le Tome II	VI
3 - Travaux de macroéconomie reproduits dans le Tome II	VII
4 - Publications et travaux cités non reproduits dans l'annexe	VII
Introduction Générale : plaidoyer pour une <i>économie historique</i>	1
0.1. Economie, histoire et « <i>économie historique</i> », de quoi parles-t-on ?	8
0.1.1 Quelques considérations sociologiques et épistémologiques sur les méthodes de l'historien et de l'économiste.	10
0.1.2. Une économie historique : pourquoi faire ?.....	15
0.2. Trois programmes <i>d'économie historique</i>	18
0.2.1. Le programme de David et l'étude des processus historiques dans l'économie du changement technique.	19
0.2.2. Le programme d'économie historique de Dockès, Rosier.....	20
0.2.3. Le programme institutionnaliste et évolutionniste de Hodgson	25
0.3. Conceptualiser et formaliser les dimensions historiques des phénomènes économiques et sociaux.....	29
0.3.1. La <i>spécificité historique</i> et l'approche par les <i>régimes</i>	30
0.3.2. L'historicité des processus économiques et sociaux : une perspective qui doit intégrer le rôle des acteurs, des apprentissages et des formes de la socialisation.	32
0.3.3. Spécificité historique des régimes et historicité des processus : deux dimensions complémentaires pour l'analyse des phénomènes économiques et sociaux.	35
Chapitre 1. De l'histoire économique et de la macroéconomie à l'économie historique : l'exemple de l'industrie automobile et ses enseignements théoriques.	40
1.1. L'émergence du « <i>fordisme</i> » dans l'industrie automobile et l'étude des changements structurels chez Renault dans l'entre-deux-guerres.	42

1.1.1. Productivité, emploi et salaires ouvriers chez Renault autour des années trente : la question de la transition vers le « fordisme ».....	48
1.1.2. Une première réflexion sur l'émergence et la fonction des institutions à travers l'expérience des pratiques d'arbitrage et de conciliation des conflits et leurs effets sur les salaires sous le Front populaire	50
1.1.3. Historiens et économistes : une cohabitation conflictuelle ?.....	54
1.2. De l'analyse historique à l'analyse économique comparative des systèmes historiquement identifiés : une première réflexion méthodologique	69
1.2.1. L'analyse historique des systèmes techniques.....	70
1.2.2. L'analyse économique comparative des systèmes techniques : « régimes socio-techniques » et « paradigmes technologiques ».....	72
1.2.3. Des régimes de croissance, fondements institutionnels des modes de développement macroéconomiques aux régimes sectoriels de développement.....	79
1.3. Une première réflexion pré-conceptuelle sur la transition structurelle et la morphogénèse.....	86
1.3.1. Régulation et régularités dans les structures sociales, Crise et morphogénèse : deux perspectives distinctes pour l'analyse des processus sociaux.....	88
1.3.2. Structuralisme génétique : penser l'évolution des structures économiques comme un système de transformations.....	96
1.3.3. Au-delà de l'opposition Holisme / individualisme : construire une théorie des pratiques et de la socialisation.....	110
Conclusion : L'analyse de la transition structurelle : une approche évolutionniste et morphogénétique.....	118
Chapitre 2. Institutions, innovations et changements structurels dans les télécommunications et dans l'informatique : essais d'économie industrielle dans une perspective historique.....	121
2.1. Une application du « mode de développement sectoriel » : « l'ancien régime » des télécommunications et sa crise endogène.....	121
2.1.1. Contingences, représentations « rétrogrades » et production stratégique d'une structure technico-industrielle et de son environnement institutionnel	124
2.1.2. La représentation stylisée du « mode de développement sectoriel » de : « l'ancien régime » des télécommunications.....	129
2.2. Numérisation, libéralisation, ouverture des réseaux et changements structurels dans l'industrie de la commutation publique.....	135

2.2.1. Le « paradigme numérique » dans les TIC	135
2.2.2. Un survol de la libéralisation au Royaume Uni et ses quelques unes de ses conséquences en Europe	141
2.2.3. Coûts de transaction et relations opérateurs – équipementiers dans l’industrie de la commutation publique	153
2.3. Apprentissages, émergence structurelle et imprédictibilité : les PC, l’Internet, les logiciels libres	158
2.3.1. Une typologie des formes d’apprentissages dans les Technologies de l’Information et de la Communication.	159
2.3.2. Comment la diffusion du « <i>paradigme numérique</i> » remet en cause la nature des marchés et des activités : l’exemple du « <i>logiciel libre</i> »	166
2.3.3. Emergence contingente et production de complémentarités systémiques : le cas de l’Internet	174
Chapitre 3. Du marché comme équilibre d’un système technico-économique « <i>situé</i> » au marché comme système social interactif et cognitif complexe.....	181
Introduction - Qu'est-ce qu'un marché ?.....	181
3.1. Un phénomène typiquement français : le réseau télérel	187
3.1.1. Les caractéristiques technico-économiques du réseau télérel	187
3.1.2. Tarification d’équilibre du « <i>kiosque</i> » et modélisation économétrique.....	189
3.1.3. L’équilibre de second rang d’un réseau télématique multiservice dans deux configurations de la demande	197
3.2. Régulation et interconnexion avec externalité et tarif binôme.....	206
3.2.1. Régulation avec externalité et tarif binôme : le modèle Laffont-Tirole	206
3.2.2. Interconnexion et partage de l’externalité.	220
3.3. Voir le marché comme un système social interactif et cognitif et complexe.....	237
3.3.1. Vers une vision plus riche du marché : la prise en compte de la combinatoire des composants échangés, des phénomènes évolutifs liés à l’information, des réseaux sociaux et des microstructures	237
3.3.2. Le marché vu comme un système social interactif et cognitif et complexe	240

Chapitre 4 . Changements structurels, interactions multi-agents et économie historique : réflexions méthodologiques et présentation de la plate-forme

Moduleco.....248

4.1. Formaliser les apprentissages individuels et collectifs et la communication de l'information dans les structures d'interaction pour comprendre l'historicité des structures économiques.....	259
4.1.1. Les formes de l'apprentissage individuel	261
4.1.2. Qu'est-ce qu'un apprentissage collectif ?.....	265
4.1.3. Le rôle des structures d'interaction et de communication dans les dynamiques multi-agents.....	271
4.2. La dynamique des réseaux d'automates : principales notions et applications aux processus historiques.....	275
4.2.1. - Les réseaux d'automates : une première étape pour étudier la dynamique des « <i>Sociétés artificielles</i> ».....	276
4.2.2. Exploration de la dynamique des populations avec des réseaux d'automates : équilibres ponctuels et co-évolution d'espèces à la frontière du chaos.....	287
4.2.3. Quelques modèles de diffusion disponibles dans <i>Moduleco</i>	309
4.3. <i>Moduleco</i> ; une plate-forme «multi-agents», fondée sur un modèle informatique original, conçu pour simuler les marchés, les phénomènes sociaux et la dynamique des populations»	320
4.3.1. Des méthodes pour l'économie cognitive : modélisation objet et architecture logicielle.....	320
4.3.2. Les principes de <i>Moduleco</i>	322

Conclusion Le marché, conçu comme un système social interactif et cognitif complexe : un objet idéal pour les investigations « d'économie historique » 328

1 - Bilan la réflexion méthodologique sur le projet sous-jacent aux travaux présentés (par delà les contingences et les opportunités).	328
2 - Développements ultérieurs envisagés.	331

Bibliographie..... 339