

INTERPRÉTATION ÉVOLUTIONNISTE DU CHANGEMENT ÉCONOMIQUE

Une étude comparative

[Giovanni Dosi](#), [Sidney G. Winter](#)

Presses de Sciences Po | « [Revue économique](#) »

2003/2 Vol. 54 | pages 385 à 406

ISSN 0035-2764

ISBN 2724629507

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-economique-2003-2-page-385.htm>

Distribution électronique Cairn.info pour Presses de Sciences Po.

© Presses de Sciences Po. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Interprétation évolutionniste du changement économique

Une étude comparative

Giovanni Dosi*
Sidney G. Winter**

Cet article tente, d'une part, d'identifier les éléments de base qui forment la théorie évolutionniste en économie et, d'autre part, d'offrir une évaluation comparative des différentes approches au sein de cette littérature. Il s'efforce de dresser un tableau présentant les principaux résultats auxquels conduisent les approches qui fournissent des explications évolutionnistes aux phénomènes économiques, puis de mettre en évidence les points communs et les différences entre ces résultats. Plus précisément seront envisagés les modèles et les études empiriques relevant d'une perspective « post-schumpeterienne », les modèles issus de la théorie des jeux évolutionnistes, ceux d'économies artificielles, les approches d'écologie organisationnelle, et une partie de la littérature consacrée à l'apprentissage adaptatif.

INTERPRETING ECONOMIC CHANGE : EVOLUTION, STRUCTURES AND GAMES

This work is an attempt, first, to outline the basic building blocks of evolutionary theory in economics and, second, to offer a comparative assessment of different strands of literature which call upon evolutionary ideas of some sort. We sketch out what we consider to be the main results achieved so far by a few different approaches that invoke, evolutionary explanations of economic phenomena and map some overlaps and differences among them. More specifically, we shall consider models and empirical studies in a post-schumpeterian perspective, evolutionary game theories, organizational ecology approaches, artificial economies and a part of literature on adaptive learning.

Classification JEL : B25, B41, B52, B53, C63, C79, C80, C81, D21, D83

Ce travail a pour but, dans un premier temps, de mettre en lumière les éléments de base de la théorie évolutionniste en économie, puis d'offrir une évaluation comparative des différentes approches au sein de cette littérature. Un

* École Sant'Anna d'études avancées, Pise, Italie.

** The Wharton School, Université de Pennsylvanie, 2000 Steinberg Hall – Dietrich Hall, Philadelphie, PA 19104-6370 - e-mail: winter@wharton.upenn.edu

Nous remercions deux lecteurs anonymes pour leurs commentaires. Giovanni Dosi exprime sa grande reconnaissance à l'Union européenne pour son soutien (DG XII). Les auteurs remercient également Julien Nervegna pour sa traduction.

siècle après le célèbre article de Veblen, dans lequel ce dernier se plaignait du manque de fondements évolutionnistes au sein des disciplines économiques (Veblen [1898]), la notion d'évolution apparaît aujourd'hui comme un concept central, bien qu'utilisé et interprété de manière différente, dans nombre d'analyses. Parfois, ce concept est difficile à distinguer de la notion de dynamique en temps que telle, *cum* des non-linéarités et des transitions de phases ; d'autres fois, il prend un sens plus proche que celui qui lui est donné dans les théories biologiques, impliquant l'idée de sélection, de succession et de variation ; ou bien, encore, il lui arrive d'emprunter à la biologie une partie seulement de ses éléments, pour les modifier de manière significative afin de rendre compte de caractéristiques propres aux processus socio-économiques.

Il est inutile de procéder à une recension complète des différents sens donnés au terme d'évolution. Il convient plutôt de présenter les divers résultats qui nous apparaissent importants et suffisamment élaborés au sein des approches qui nous semblent fournir, d'une manière ou d'une autre, des explications évolutionnistes aux phénomènes économiques. Dans un second temps, nous dresserons la carte des chevauchements et des différences entre ces résultats, ce qui va permettre de souligner le fait que certaines questions centrales n'ont toujours pas été résolues. Plus spécifiquement, nous nous intéresserons brièvement : a) aux modèles et études empiriques de perspective *post-schumpeterienne* dans la lignée de Nelson et Winter [1982] ; b) aux modèles issus de la théorie des *jeux évolutionnistes* ; c) aux approches d'*écologie organisationnelle* ; d) aux modèles d'*économies artificielles* et e) à cette partie de la littérature qui prend en compte l'*apprentissage adaptatif*.

Mais il convient d'abord de définir une vision « maximaliste » de ce que pourrait être un programme de recherche évolutionniste, de manière à bénéficier d'une référence commune pour la discussion qui suit.

THÉORIES ÉVOLUTIONNISTES : DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION¹

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes limités aux caractéristiques de base des théories évolutionnistes du changement *économique*.

« *La dynamique avant tout !* » : tel est l'impératif méthodologique que les théories évolutionnistes devraient partager en dépit de différences plus substantielles relatives à d'autres hypothèses. Ceci implique que soit expliqué pourquoi une chose existe, ou quelles sont l'origine de la valeur d'une variable et la nature du processus qui la détermine. L'impératif théorique est donc le suivant : décrire le déroulement ou l'histoire du processus soit par la résolution formelle d'un système dynamique, soit par l'utilisation d'une reconstruction historique et qualitative de ce dernier (si possible *les deux*), tout en restant extrêmement

1. Pour cette section nous nous sommes appuyés sur Coriat et Dosi [1998a]. Pour une discussion plus détaillée sur des perspectives apparentées, cf. Hodgson [1993], Dosi et Nelson [1994], Nelson [1995], Silverberg [1988], Silverberg et Verspagen [1995], Metcalfe [1992], Anderson [1988], Witt [1993], Dosi, Marengo et Fagiolo [1996], Lesourne [1991], et Lesourne et Orlean [1998].

prudent vis-à-vis de l'interprétation des observations faites en des termes de rationalité d'équilibre *ex post* (« cela doit être ainsi, compte tenu de la rationalité choisie »). Cette approche refuse en outre d'accepter comme valide une explication sous prétexte qu'elle s'appuie sur un théorème existant ou sur une déclaration purement fonctionnaliste (du type l'entité *x* existe car elle réalise la fonction *y*...). Dans cette perspective, l'interprétation friedmanienne en termes de « as... if » concernant les propriétés des comportements d'équilibre (Friedman [1953]) doit être considérée comme une conjecture (audacieuse) sur les propriétés limites de dynamiques non spécifiées. Il en est de même de la notion de stratégie évolutionnairement stable (SES), mise en avant pour la première fois en biologie par John Maynard Smith (1982), même si les intuitions dynamiques qui en découlent semblent davantage compréhensibles.

Une telle prescription épistémologique générale, loin d'être évidente et ne faisant de surcroît guère l'unanimité parmi les économistes, ne suffit pas pour décrire les contours d'un véritable programme de recherche évolutionniste. D'autres éléments doivent la compléter :

1. Les théories doivent avoir des fondements microéconomiques et doivent être explicitement fondées (même indirectement) sur une prise en compte « réaliste » de ce que les agents types font et de la façon dont ils le font¹.

2. Le *réalisme* est une vertu et, sous certains aspects, une nécessité : bien que les théories soient nécessairement abstraites, elles omettent plus de réalité qu'elles en admettent. En conséquence, leurs conclusions ne peuvent servir de guide pour interpréter la réalité ; cela n'exclut pas qu'elles n'en demeurent pas moins utiles ou instructives pour rendre compte des mécanismes à l'œuvre.

3. Parmi ces caractéristiques, on peut noter que les agents ont une compréhension de l'environnement dans lequel ils vivent et un regard sur ce que leur réserve le futur imparfait. En conséquence, « la rationalité limitée » est généralement présumée, son contenu spécifique variant selon le contexte.

4. Compte tenu de cette compréhension imparfaite mais aussi de l'apprentissage (dépendance du sentier) qui en découle, on peut remarquer une hétérogénéité persistante entre les agents, même s'ils sont confrontés aux mêmes informations et opportunités. Saisir cette hétérogénéité est cruciale pour la représentation des dynamiques agrégées.

5. La connaissance est un objet dynamique actif, les agents étant toujours capables de découvrir des technologies, des façons de s'organiser, et d'adopter de nouveaux modèles de comportement. Compter sur les possibilités immanentes de la nouveauté dans un système est un défi majeur, à la fois théorique et en termes de modélisation, qui ne peut être ignoré.

6. Tandis que l'adaptation et la découverte (imparfaite) peuvent engendrer la variété (d'une manière parfois aléatoire), les interactions collectives à l'intérieur et à l'extérieur des marchés opèrent comme un mécanisme de sélection. La sélection génère une croissance différenciée de diverses entités porteuses de technologies, de routines, ou de stratégies, etc., et agit sur leur survie.

1. Certains modèles dynamiques agrégés (*i.e.* sans fondations micro) sont néanmoins cohérents en termes d'interprétations évolutionnistes (quelques-uns sont étudiés dans Silverberg et Verspagen [1995] et dans Coriat et Dosi [1998a] ; voir aussi, dans une perspective différente, l'étude de Boldrin [1988]).

7. Un phénomène agrégé découlant de ces processus (des régularités dans le processus de croissance ou dans les structures industrielles, par exemple) est souvent qualifié de *propriété émergente*. Il découle du résultat collectif et largement non intentionnel d'interactions microéconomiques loin de l'équilibre et d'apprentissages hétérogènes. De telles propriétés ont souvent une nature métastable car elles persistent sur une échelle de temps plus longue que le processus qui les a générées et disparaissent avec une probabilité égale à un¹.

8. Un type similaire de représentation et d'interprétation peut être appliqué à l'émergence et au caractère auto-entretenu des formes organisationnelles et des institutions. Elles sont le résultat partiel d'actions dirigées (déterminées) par les agents mais sont aussi, en partie, le résultat involontaire de la relation entre l'interaction des agents et leurs modes d'apprentissage².

9. Le lien entre les régularités de « niveau supérieur », qui se manifestent dans les institutions, les règles et les formes organisationnelles, et les processus évolutionnistes de « niveau inférieur » est une relation complexe de co-évolution entre le niveau d'analyse et la dimension temporelle. Cette complexité doit être prise en compte dans la modélisation. Alors que les régularités de niveau supérieur sont des phénomènes qui émergent des processus de niveau inférieur, elles peuvent être considérées comme des structures relativement invariantes qui les contraignent et les façonnent sur courte période. Les modélisations qui considèrent ces quasi-invariants de niveau supérieur comme donnés ont une légitimité toute provisoire et la même lacune que les modèles qui excluent toutes formes significatives de nouveauté pour réduire les difficultés.

Ces neuf caractéristiques théoriques définissent le programme évolutionniste dans toute son étendue, tel du moins que nous le concevons. Il est bien sûr impossible ici de passer en revue l'ensemble croissant des contributions qui les partagent de près ou de loin³. Notre propos se limitera à rendre compte des pistes de recherche, des résultats et des caractéristiques principales associés à cette approche.

COURANTS DE RECHERCHE ÉVOLUTIONNISTES ET PRINCIPAUX RÉSULTATS : UN BREF PANORAMA

Faute de mieux, nous avons précédemment qualifié de « post-schumpeterienne » une des perspectives de recherches d'inspiration évolutionniste. Nous nous référerons, par la suite, aux « théories évolutionnistes du changement

1. Sur les notions d'« émergence » et de « méta-stabilité », voir la discussion développée dans Lane [1993] ; voir également plus bas.

2. C'est également un domaine où les approches évolutionnistes et institutionnalistes se recoupent (ou du moins devraient le faire ; cf. Coriat et Dosi [1998a]). En bref, les processus évolutionnistes concernant des industries particulières et les technologies sont généralement imbriqués dans des institutions de niveau supérieur et souvent plus inertielles. Les institutions fournissent alors des macro-fondements qui façonnent et contraignent les processus microéconomiques du changement et de l'adaptation.

3. On notera que cette définition large d'« un programme de recherche évolutionniste », peut partiellement s'appliquer à des contributions d'auteurs qui pourtant ne se définissent pas eux-mêmes strictement comme « évolutionnistes ».

économique » (TECE), faisant ainsi écho au titre de l'ouvrage de Nelson et Winter [1982]. Les TECE acceptent, en effet, nombres des caractéristiques précédentes et permettent l'interprétation de phénomènes économiques à différents niveaux d'agrégation, comme par exemple les dynamiques industrielles ou la croissance macroéconomique.

Pour la clarté de l'illustration, nous décrivons brièvement les TECE autour du processus de croissance économique. Il s'agit de rendre compte d'une multitude de firmes (hétérogènes) à la recherche de techniques de production plus efficaces et de produits plus performants. Les firmes sont en concurrence sur le marché des produits, des « inputs », mais aussi sur le marché financier. Des succès divergents au niveau de la recherche ainsi que des stratégies et des comportements distincts (en termes, par exemple, d'investissement ou de fixation des prix) engendrent des différences dans leurs performances révélées (leur profitabilité, leurs parts de marché ou leur probabilité de survie par exemple) et leur capacité à croître. La croissance agrégée est – dans une première approximation – tirée par des avancées technologiques (partiellement endogènes et idiosyncratiques). Bien évidemment, l'attention de l'analyste est attirée par les origines, la nature et l'accessibilité des opportunités technologiques. La facilité avec laquelle les firmes peuvent imiter les autres (ce qui affecte la diffusion et les conditions d'appropriation des connaissances), la façon dont les firmes sont capables d'emmagasiner et d'augmenter ces connaissances (*i.e.* ce qui affecte les routines organisationnelles et les relations de compétences), les mécanismes et la vitesse de sélection du marché sont aussi à prendre en compte. Les TECE doivent en outre fournir des explications complémentaires au sujet des principales caractéristiques de l'environnement auquel sont confrontés les firmes et les individus : les opportunités technologiques exploitées par les agents privés, le cadre légal qui dessine les conditions d'appropriation, les origines d'un ensemble particulier de routines, la nature des interactions entre rivaux sur le marché des produits, la façon dont les salaires réagissent aux changements dans la demande de travail, eux-mêmes induits par le changement technique et la croissance, etc. Bien entendu, les institutions économiques jouent un rôle central : on soulignera, entre autres, l'influence des universités et des laboratoires gouvernementaux, des lois sur les brevets et des tribunaux, des associations et des écoles de commerce, des autorités régulatrices et « antitrust », des lois sur le travail et des syndicats. Il faut admettre cependant que l'exploration détaillée des effets de ces divers éléments n'en est qu'à ses débuts (pour une discussion sur les relations entre les institutions et les processus évolutionnistes, voir Coriat et Dosi [1998a]).

Il existe, en effet, une quantité croissante de modèles formels et d'interprétations historiques qui partagent l'approche que nous venons de décrire, et envisagent la croissance économique comme un processus évolutionniste poussé par le changement technique : à la suite de Nelson et Winter [1982], on peut citer les travaux de Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg et Soete [1988], Day et Eliasson [1986], Silverberg et Verspagen [1994], Conlisk [1989], Chiaramonte et Dosi [1993], Silverberg et Soete [1993], Fagerberg [1994], Dosi, Pavitt et Soete [1990] et la discussion dans Nelson [1995] et Silverberg et Verspagen [1995].

D'une manière identique, la diffusion de l'innovation a été analysée comme un processus mettant en exergue certaines des caractéristiques évolutionnistes et de dépendance au sentier mentionnées plus haut (*cf.*, entre autres, David [1985] et [1992], Silverberg et al. [1988], Arthur, Ermoliev et Kaniovski [1987], Nakićenovic et Grübler [1992], Metcalfe [1992] et [1995]).

Le développement de l'analyse évolutionniste a été profondément lié à l'analyse historique des processus par lesquels le changement technique est généré, à la fois au niveau microéconomique mais aussi à celui des systèmes nationaux d'innovation ; là encore, la littérature est abondante : on peut citer, entre autres, Freeman [1982], Dosi [1982], David [1975], Rosenberg [1976] et [1982], Basalla [1988], Mokyr [1990], Grandstrand [1994], Vincenti [1990], Nelson [1993], Lundvall [1992] et les bilans dressés dans Dosi [1988] et Freeman [1994].

Finalement, un nombre croissant d'études de cas industriels et de modèles rendant compte du changement industriel s'accorde très bien avec les conjectures évolutionnistes évoquées précédemment (notamment Pavitt [1984], Utterback et Suarez [1992], Klepper [1993], Malerba et Orsenigo [1994], Winter [1984], Dosi et al. [1995], Winter et al. [1995]).

L'étude des propriétés des dynamiques industrielles a également été abordée dans une perspective qui recoupe partiellement les précédentes, sous l'appellation d'écologie des populations organisationnelle (EPO). Cette discipline trouve ses racines en sociologie et met l'accent sur les processus d'entrée, de légitimation sociale et de mortalité. Ces processus sont les forces motrices de l'évolution industrielle et opèrent sur des populations changeantes de firmes hétérogènes caractérisées par un degré d'inertie organisationnelle élevé et des caractéristiques comportementales spécifiques (Hannan et Freeman [1989], Hannan et Carroll [1992], Carroll [1997]).

Malgré la grande variété des objets d'analyse, des styles et des hypothèses, nombre des contributions précédentes partagent un trait « *phénoménologique* » particulier. Généralement, elles identifient *le phénomène* empirique dont elles veulent rendre compte, puis l'interprètent en racontant une histoire qui repose sur des fondements microéconomiques. Les hypothèses sur les micro-entités (principalement les structures et les comportements des firmes) et sur leurs interactions proviennent de généralisations empiriques ou de conjectures raisonnables selon le problème identifié. Par exemple, la plupart des travaux des TECE et de l'EPO utilisent des agents dont la rationalité est « limitée » ; il n'en demeure pas moins que la spécification de ce que font effectivement les agents (notamment par rapport aux routines) reste extrêmement dépendante du contexte et des comportements : par exemple, dans les modèles de Nelson et Winter, il existe des règles spécifiques pour la recherche technologique, l'investissement, la fixation des prix, etc. Nous reviendrons plus loin sur les problèmes impliqués par ce type d'analyse.

Une méthodologie différente, mais liée à la précédente, a servi d'inspiration à de nombreux travaux relevant de l'Économie *Artificielle* (EA) (Axtell et Epstein [1996] en est l'exemple type). Elle reste couramment utilisée au sein d'une classe plus large de modèles qualifiés de mondes artificiels (MA). Dans une discussion très pertinente, Lane caractérise ces modèles comme suit :

« Les mondes artificiels [...] sont des modèles stochastiques exécutables sur ordinateurs, et composés d'un ensemble de "micro-entités" qui interagissent avec d'autres et d'un "environnement" et cela d'une certaine manière. Le but de la modélisation des MA est de découvrir si (et sous quelles conditions) des histoires (*i.e.* des sentiers avec des règles d'interaction et des conditions initiales bien spécifiées) exhibent d'intéressantes propriétés émergentes. Une propriété émergente est une caractéristique attachée à ces histoires qui (1) peut être décrite en termes de construits agrégés et ce sans référence aux

attributs spécifiques des micro-entités ; (2) persiste pour des périodes de temps plus importantes que l'échelle de temps retenue afin de décrire les micro-interactions qui lui sont liées ; et (3) questionne l'explication réductionniste par la superposition de micropropriétés "construites *in silico*" du MA. » ([1993], p. 90-91.)

Lane [1993] passe en revue quelques illustrations tirées de différentes disciplines, notamment la fonction-objet gaz de Walter Fontana que l'on retrouve en chimie [1992]¹, le dilemme du prisonnier évolutionniste de Christian Lindgren [1992] et le modèle de dynamiques économiques de Chiaromonte-Dosi-Lane-Lippi-Pelkey-Taylor, dont une version préliminaire a été développée au début des années 1990 à l'institut de Santa Fe.

Ces modèles et d'autres, construits sur le principe d'auto-organisation de Kauffman (*cf.* Kauffman et MacReady [1995], Levinthal [1997], Frenken et al. [1999], Westhoff et al. [1996]), commencent à explorer d'une manière ambitieuse les conditions *génériques* à partir desquelles il est possible de voir émerger des régularités statistiques agrégées, ou des structures organisées, même dans des conditions loin de l'équilibre².

Dans les cas les plus simples, ces régularités portent sur des structures de comportement émergentes et/ou de localisation spatiale (*cf.* Axtell et Epstein [1996] et, dans un langage plus familier aux économistes, Krugman [1996]). Dans d'autres, elles concernent des propriétés écologiques ou des formes organisationnelles types (Kauffman [1993], Frenken et al. [1999], Levinthal [1997]). Dans les termes du « programme de recherche évolutionniste étendu » décrit plus tôt, on peut dire que l'EA met l'accent sur – et a contribué à mettre en avant des ruptures intéressantes en ce qui concerne – la notion d'émergence à l'intérieur de systèmes évolutifs complexes. De plus, l'EA repose sur des fondements micro-évolutionnistes appropriés qui confèrent aux agents une connaissance locale de l'environnement dans lequel ils opèrent. Ces fondements supposent également un apprentissage endogène ou, du moins, un ajustement au niveau des comportements d'une manière telle que des erreurs systématiques restent encore possibles (du point de vue d'un hypothétique observateur extérieur).

Même s'ils sont construits sur des origines théoriques différentes, bon nombre de modèles de *jeux évolutionnistes* (JE) partagent aussi l'hypothèse générale d'agents dotés d'une rationalité limitée et se réfèrent aux dynamiques collectives sous-jacentes comme processus explicatifs de base. Ces dynamiques sont souvent conduites par un mécanisme de sélection au niveau de la population. Dans ces modèles, la notion de stratégie évolutionnairement stable (SES) de Maynard Smith reste la référence centrale – en fait il s'agit d'un raffinement de l'équilibre de Nash. Cette notion a été fondée à partir des propriétés statiques d'écologies de populations en biologie (Maynard Smith [1982]). Depuis lors, cette perspective analytique a été enrichie par divers prolongements dynamiques qui ont commencé à explorer les propriétés limites des processus de sélection/adaptation (dans des cadres à la fois déterministes et stochastiques). Les JE essaient aussi de traiter des mécanismes abstraits pouvant générer la mutation

1. D'autres développements intéressants sont présentés dans Fontana et Buss [1994].

2. La dette envers les travaux de Ilya Prigogine comme source fondamentale d'inspiration de ce courant de recherche doit être, à notre avis, davantage reconnue (*cf.*, parmi d'autres, Nicolis et Prigogine [1997]).

(voir, par exemple, Hofbauer et Sigmund [1988], D. Friedman [1991], Vega-Redondo [1996], Weibull [1995], Samuelson [1997] ou Young [1998]).

À la différence des approches des TECE et de l'EPO, l'entreprise de modélisation des JE dans son ensemble (du moins en économie) a été largement guidée par la théorie, avec comparativement peu de discipline « phénoménologique ». Autrement dit, les JE apparaissent comme le parfait opposé (tout en les complétant utilement parfois) de la théorie des jeux dans sa version canonique, et ce pour trois raisons. Premièrement, ils prennent le parfait contre-pied des fondements microscopiques de l'analyse stratégique basée sur la rationalité dite « *forward looking* ». Ce type de rationalité, même si elle reste postulée par les tenants d'une vision *ex ante* des interactions stratégiques, n'en demeure pas moins de plus en plus invraisemblable. Deuxièmement, ils tentent de résoudre la question des équilibres multiples, problème majeur et non résolu auquel font face les adeptes de la rationalité *ex ante* et qui est particulièrement net lors d'interactions stratégiques répétées, où les agents perçoivent mal la finalité de leurs actions. De ce point de vue, les théoriciens des JE tentent d'identifier un mécanisme de sélection pertinent, susceptible de déterminer quel équilibre sera choisi. Troisièmement, et dans le même ordre d'idées, les JE posent la question de la stabilité des concepts d'équilibre particulier, autorisant en principe certaines micro-perturbations « irrationnelles » ou certaines « mutations ».

La description de ces diverses perspectives, qui partagent quelques-uns des éléments de la construction évolutionniste esquissée plus haut, peut laisser l'impression (trompeuse) d'une convergence à travers une *weltanschauung* de plus en plus cohérente et appuyée sur des idées évolutionnistes communes. Mais il s'agirait d'un point de vue trop optimiste. Un dialogue riche existe entre les différentes perspectives théoriques, comme le montrent les discussions à propos de sujets plus difficiles et controversés, notamment la nature élémentaire des dynamiques évolutionnistes dans le domaine socio-économique. Ce sont ces discussions que nous allons maintenant évoquer.

QUELQUES QUESTIONS OUVERTES CONCERNANT LES STRUCTURES, L'APPRENTISSAGE, LES JEUX ET D'AUTRES MODÈLES D'INTERACTION¹

Petits mondes vs dynamiques « sans limites » [open-ended dynamics]

Les processus évolutionnistes, tant en biologie que dans le domaine social, impliquent clairement l'émergence de nouveautés. Bien que la nouveauté soit, d'une certaine façon, contrainte par l'histoire passée, l'apparition de phénomènes émergents inattendus ou de surprise reste toujours possible. Dans ces conditions, il apparaît difficile de saisir ces phénomènes à travers la modélisation.

1. Pour une discussion plus détaillée à propos de ces questions restées ouvertes, voir Winter [1988], Dosi et Nelson [1994], Nelson [1995], Metcalfe [1992], Coriat et Dosi [1998a], Dosi, Marengo et Fagiolo [1995], Tordjman [1998].

Nous pensons que les dynamiques véritablement évolutionnistes entraînent une explosion endogène du nombre de dimensions de l'espace exploré par le système. On sait que la complexité des fonctions et des traits augmente dans l'évolution biologique lorsqu'on passe d'une entité unicellulaire à un mammifère ; il en est de même dans le domaine socio-économique.

Une stratégie de modélisation possible consiste alors à prévoir un hypothétique espace de recherche multidimensionnel¹, sans spécifier complètement « la loi du mouvement » de cet espace, excepté localement. Mais quels doivent être alors les objectifs analytiques découlant de l'étude d'un tel système ? Clairement, il n'y a quasiment aucun espoir de trouver un état limite particulier vers lequel le système est censé tendre par le biais d'une telle construction. Autrement dit, toute tentative visant à rendre compte de l'émergence persistante de la nouveauté risque d'échouer ; au mieux, pourra-t-on trouver des régularités émergentes dans le processus lui-même s'appuyant par exemple sur certaines propriétés d'émergence, des structures métastables, des modèles temporels d'événements (du type (quasi) équilibres ponctués ou discontinuités structurelles majeures)² ou encore des propriétés dynamiques moyennes (telles que les taux de croissance de certaines variables). Une telle méthodologie reflète la philosophie d'une bonne partie des modèles de l'EA, philosophie également partagée par quelques modèles reposant sur les TECE.

Quoi qu'il en soit, et de ce point de vue en tous cas, les JE se situent à l'extrême opposé. Ils considèrent généralement des domaines d'exploration bien définis et fermés, et ce, dès l'origine du process, impliquant une caractérisation rigoureuse des états limites des systèmes dynamiques envisagés. Ces derniers représentent les mécanismes d'adaptation et de sélection à l'intérieur d'un espace d'aptitude³ donné⁴.

Finalement, la forme appropriée de la représentation théorique dépend de la nature du phénomène à expliquer. La méthodologie « de petit monde » convient mieux à l'interprétation de ces propriétés d'environnements dans lesquels les taux d'ajustement à des « fondamentaux » donnés (les technologies, les formes organisationnelles, etc.) sont d'une complexité supérieure aux taux de changement dans les fondamentaux eux-mêmes (et donc dans l'environnement sélectif). Mais, si l'on tient compte du taux d'innovation technologique et organisationnelle dans les économies modernes, il est clair alors que les objets d'études conformes à cette méthodologie apparaissent bien rares.

Propriétés limites vs transitoires

Si l'on considère un système évolutif donné, quelles doivent être les propriétés à observer en premier ? Cette question recouvre le point précédent. En effet chaque fois que l'on est certain que l'adaptation est plus « rapide » par rapport à l'innovation, on doit supposer que nombre d'observations empiriques

1. Pour des modèles exécutables par ordinateur, un espace fini doit être défini (pour des raisons techniques) mais avec une dimensionnalité suffisamment élevée pour pratiquement simuler l'absence de limite des dimensions.

2. Eldredge et Gould [1972]. Voir aussi Casti [1992] et les remarques dans Lane [1993].

3. Comparable à la notion anglaise de *fitness* (note du traducteur).

4. Cela concerne aussi des formes réduites de modèles qui sont développés dans l'esprit des TECE : cf. Winter et al. [1997].

faites à la fin du phénomène sont des résultats proches de l'équilibre de la dynamique adaptative sous-jacente. Et cette dynamique doit donc être richement décrite pour étudier les propriétés des états limites du système dynamique. Inversement, quand les conditions précédentes ne s'appliquent pas, il est plus intéressant d'étudier les propriétés transitoires (les « déséquilibres ») du système, en reconnaissant que dans la réalité à laquelle le modèle est relié, les paramètres fondamentaux seront perturbés (par exemple par l'innovation) bien avant que le système n'atteigne un état proche de l'équilibre. C'est ce que font beaucoup des modélisateurs des TECE et de l'EA¹.

Il nous semble que la méthodologie couramment employée dans les JE s'attache trop souvent et d'une manière désinvolte à la précédente hypothèse. Et parfois pis encore : dans un premier temps, il s'agit de définir quelques notions d'équilibre qui ont de « belles » propriétés, du point de vue de la théorie économique (par exemple, parce qu'elles correspondent à des micro comportements qui peuvent être supportés par l'hypothèse standard de « rationalité »). Puis, dans un second temps, on recherche les processus dynamiques capables de les générer. Mais nous ne pouvons nous empêcher de penser que, pour comprendre la réalité, ce style de production intellectuelle n'est pas approprié. On retrouve, à travers cette méthodologie, une sorte de foi absolue dans la rationalité économique. Cette croyance sert à comprendre de manière viable et exclusive ce que peut être un comportement dans un cas spécifique. Or il existe des visions moins doctrinaires et qui ne nient pourtant pas le fait que l'hypothèse de rationalité se révèle parfois fructueuse.

Au-delà de ces considérations, cependant, une question générale demeure, qui concerne ce que nous pouvons apprendre de la caractérisation des propriétés asymptotiques du système en termes de comportements en temps fini. Dans certains cas, des propositions intéressantes d'un point de vue empirique peuvent être déduites des propriétés des taux de convergence², puisque ces dernières permettent de déterminer (de manière approximative, certes) à quelle vitesse les observations (des équilibres) en temps fini doivent converger vers ce qui ressemble à la prédiction limite. Cependant, même en supposant un modèle dynamique qualitativement correct, des conclusions empiriquement pertinentes ne peuvent pas être déduites d'une étude sur la convergence purement analytique car les paramètres quantitatifs comptent toujours. Ce dernier argument joue en faveur de la simulation qui offre l'opportunité d'explorer expérimentalement et quantitativement le comportement de convergence du modèle, tout en recourant à des évidences grossières ou à des intuitions pour la valeur des paramètres.

1. Il n'existe cependant aucun engagement définitif vis-à-vis de telle ou telle méthodologie. Ainsi, la perspective des TECE s'inspire des travaux sur la diffusion de l'innovation, où des implications empiriques suggestives peuvent être déduites des propriétés limites des dynamiques *cum* d'agents hétérogènes et de rendements croissants ; cf. parmi d'autres, David [1988], Arthur, Ermoliev et Kaniovski [1987] ou Bassanini et Dosi [1998].

2. Un exemple concernant les modèles de diffusion de l'innovation est exploré dans Bassanini et Dosi [1998] ; les propriétés de convergence dans les modèles de JE stochastiques sont discutées dans Vega-Redondo [1996].

Dynamiques d'interaction et sélection

Une condition minimale et commune à différents *genres* de l'approche évolutionniste, mais qui est également partagée par de nombreux modèles d'économies décentralisées¹, est l'existence de fondements microéconomiques impliquant un grand nombre d'agents en interaction. Pour ce faire, il convient de spécifier :

- les niveaux auxquels les interactions se déroulent : la concurrence sur le marché des produits, un comportement d'imitation, un apprentissage technologique mutuel, etc. ;
- le mécanisme d'interaction : quelles actions vis-à-vis de qui ? Quand ? Selon quelles règles ? ... ;
- une typologie qui couvre la distribution des agents, et qui peut également façonner l'actuel processus d'interaction, en rendant, par exemple, les probabilités d'interaction dépendantes de la distance dans un espace défini de manière adéquate. Comme il a été noté plus tôt, les modèles évolutionnistes complets du changement économique doivent rendre compte explicitement des dynamiques jointes de l'apprentissage et de la sélection. L'idéal serait alors de spécifier la « physique » des interactions dans ces deux domaines et les façons dont ils sont couplés dynamiquement.

Les pratiques actuelles demeurent encore assez loin de cet idéal. En effet, dans beaucoup de modèles, les deux phénomènes ne sont pas traités simultanément. Il ne s'agit pas nécessairement d'une mauvaise stratégie intellectuelle puisque cela permet l'exploration des propriétés d'un seul processus dynamique, laissant l'autre constant ; par exemple, plusieurs modèles d'agents économiques stochastiques, décentralisés et adaptatifs (mais sans concurrence de marché explicite) offrent des aperçus utiles concernant les résultats collectifs d'ajustement mutuel d'agents dotés d'une rationalité limitée. Il en est de même de modèles de diffusion de l'innovation comprenant des agents hétérogènes, des rendements croissants et/ou des externalités de réseaux, et un mode d'adoption séquentiel². Beaucoup de modèles d'EA se focalisent également sur les propriétés collectives des interactions adaptatives (qui peuvent être des formes rudimentaires d'apprentissage local dans les cas les plus simples). Plus proches de la philosophie à l'œuvre dans les TECE, Dosi et Fagiolo [1998] étudient les propriétés d'un modèle évolutionniste de forme réduite dans lequel, en l'absence de toute forme de concurrence de marché, la dynamique d'ensemble est conduite par des activités décentralisées d'explorations technologiques, d'apprentissage et d'imitation à l'intérieur d'un espace hypothétique et illimité en terme d'opportunités.

À l'extrême opposé, quelques modèles explorent les propriétés des dynamiques de sélection qui proviennent d'interactions concurrentielles en l'absence de tout phénomène d'apprentissage ayant des fondements micro explicites (c'est l'objet de la plupart des modèles d'EPO).

1. Voir les études critiques et les références données dans Kirman et Weisbuch [1998] et Fagiolo [1998].

2. Un grand nombre de ces modèles sont décrits dans David [1992] et Bassanini et Dosi [1998].

Au sein de la TECE, certains, tels que Metcalfe ([1992] ; [1995]), utilisent la *loi de Fisher*, développée initialement en biologie en référence aux populations¹, pour l'appliquer aux dynamiques industrielles, tandis que d'autres, comme Winter et al. [1997], étudient les propriétés génériques du mode de sélection des marchés, alimentés par l'arrivée persistante d'entrants technologiquement hétérogènes.

Les modèles de JE s'appuient largement sur des dynamiques de sélection de ce type. Beaucoup d'entre eux réunissent les propriétés des dynamiques de population et celles qui impliquent, au moins implicitement, une sorte d'apprentissage adaptatif au niveau des micro-entités (*cf. infra*).

Ainsi, le défaut que l'on retrouve dans beaucoup de modélisations des mécanismes d'interaction ne concerne pas l'hypothèse *ceteris paribus* faite habituellement (qui fournit, bien entendu, un style sûr d'exploration préliminaire), mais bien plutôt l'absence générale d'organisation cohérente entre les constructions théoriques des processus d'interaction et les « faits stylisés » de ces mêmes processus.

Considérons les dynamiques de sélection concurrentielle (nous discuterons plus loin des processus d'apprentissage) : nombre d'entre nous ont utilisé en diverses occasions des représentations, de type « boîte noire », d'une loi d'interaction agrégée – soit une courbe de demandes agrégée ou une dynamique de réplication ; par exemple, dans Nelson et Winter [1982], les interactions sur les marchés de produits sont condensées à l'intérieur d'un processus de marché soldé impliquant l'utilisation d'une courbe de demande standard. En fait, le résultat de cette interaction collective joue en retour sur les possibilités de croissance de chacune des entités individuelles (et opère alors comme un mécanisme de sélection) à travers le surplus brut que chaque entité est capable d'investir (déterminé par la différence entre le prix au niveau de l'industrie et le coût unitaire d'une firme spécifique). De manière similaire, dans les modèles de Silverberg et al. [1988], la sélection est explicitement modélisée à travers une dynamique de réplication, définissant la « loi de changement » dans les parts de marché comme une fonction de la « compétitivité » de chaque firme comparée à la moyenne de l'industrie.

En conséquence, il convient selon nous de dépasser ces hypothèses de type « boîte noire » et de reconstruire les dynamiques collectives sur la base d'une prise en compte explicite des « caractéristiques microphysiques » des interactions de marchés². Ceci implique de prendre au sérieux la question de savoir

1. La loi de Fisher définit la *loi du mouvement* des « aptitudes » moyennes – et donc des fréquences relatives des traits reliés – comme une fonction des plus hauts moments de leur distribution dans un espace des aptitudes appropriées. En particulier, le taux de croissance d'une aptitude moyenne est proportionnel à sa variance. En mettant de côté des qualifications techniques importantes, on peut la voir comme une implication typique des dynamiques de réplication standard communes à la biologie théorique, aux JE en sciences économiques et à beaucoup de modèles des TECE : des changements relatifs de fréquences avec une dépendance à l'aptitude relative d'un ou plusieurs traits particuliers en comparaison aux moyennes de l'ensemble de la population. Nelson et Winter ([1982], p. 240-43) établissent une analogie dynamique du résultat standard de statique comparative, pour un changement de prix dans le contexte des dynamiques de réplication du type loi de Fisher. (Pour une discussion critique de cette question, voir G. Silverberg [1988].)

2. Il s'agit d'un défi mis en avant de manière forte par la modélisation évolutionniste à l'intérieur de la méthodologie de l'EA, avec le refus de « lois de mouvement » prédéfinies et la recherche de règles explicites rendant compte des interactions « locales » entre les micro entités ; *cf.* aussi Fagiolo [1998].

*comment les marchés fonctionnent*¹ : quels sont les effets des architectures institutionnelles spécifiques d'un marché particulier sur les dynamiques collectives ? Comment affectent-elles les processus de sélection ? Dans quelles circonstances, les dynamiques de réplication sont-elles des bonnes approximations des modèles de sélection collective ? Etc. Un environnement de simulation pour les marchés financiers a été construit dans cet esprit : présenté par Chiaramonte et Dosi [1998], il sera bientôt disponible sur le Net.

Un sujet distinct, mais lié au précédent, concerne les dimensions sous lesquelles la sélection a lieu. Dans le domaine économique, le prix des outputs joue bien évidemment un rôle fondamental. Mais que dire alors de la dimension non monétaire de la concurrence² ? Pour répondre à ce type de question, la modélisation évolutionniste peut – et doit – être substantiellement enrichie par des investigations empiriques au niveau des déterminants actuels de la compétitivité au sein de différentes industries caractérisées par des cadres institutionnels spécifiques.

Plus généralement, comme le soulignent Dosi et Nelson [1994] et Tordjman [1998], l'analyse de la sélection dans le domaine social – et sa relation avec la notion d'aptitude – soulève la question de l'endogénéité des critères de sélection eux-mêmes. Tout comme dans l'évolution biologique, ce qui est sélectionné est en quelque sorte déterminé, d'une manière complexe et non linéaire, par les distributions des populations actuelles présentes à un moment donné et par leurs histoires. Cependant, dans les systèmes biologiques, on peut raisonnablement penser que le critère de sélection reste relativement invariant (notamment les capacités de reproduction ou l'efficacité à trouver de la nourriture). Ce n'est pas le cas dans nombre de circonstances socio-économiques : en effet, non seulement il faut trouver les paysages d'adaptation appropriés mais, aussi, les dimensions de l'espace sur lesquelles ces paysages sont définis, et sont susceptibles de changer³.

Sur l'utilité de la distinction génotype/phénotype dans le domaine social

Une caractéristique générale des interprétations évolutionnistes du changement (en biologie mais aussi en sciences économiques) est que la sélection opère en fin de compte sur un ensemble de « traits fondamentaux » d'un certain type, déterminant aussi leur probabilité de transmission à travers le temps. Dans le domaine de la biologie, cela est bien connu : les « unités fondamentales » de sélection sont les gènes qui, avec l'environnement, façonnent les caractéristiques phénotypiques des entités individuelles sur lesquelles la sélection opère. L'héritage constitue le mécanisme de transmission et la sélection agit par « élimination » des distributions phénotypiques, affectant à travers le temps les fréquences dans les groupes génétiques sous-jacents.

En réalité, l'histoire n'est pas aussi simple, que ce soit en biologie ou, plus encore, dans le domaine social. Par exemple, il n'existe pas une cartographie

1. Dans cet esprit, soulignons l'article de Kirman et Vignes [1991], consacré au marché du poisson marseillais.

2. On parle ici principalement des marchés réels (*i.e.* des marchés de biens et services) : les marchés financiers incorporent des critères de sélection différents, en ce sens où ils sont davantage liés à des phénomènes spéculatifs (pour plus de détail, *cf.* Marengo et Tordjman [1996]).

3. Notons cependant que tout ceci apporte de sérieux doutes quant à la monotonie dans les effets des forces de sélection généralement pris en compte dans les JE.

claire de type bijective (*un pour un*) entre les gènes et leurs manifestations phénotypiques affectant l'aptitude (du fait, par exemple, de l'existence d'altérations génétiques neutres du point de vue de l'aptitude). Ou bien il peut y avoir une corrélation épistatique (pour une discussion détaillée, voir Kaufmann [1993]), de sorte que différents traits combinés non linéairement peuvent construire une adaptation phénotypique particulière.

Le domaine socio-économique présente diverses singularités (voir notamment Dosi et Nelson [1994], Winter [1984] et [1988]). Premièrement, les ambiguïtés dans l'identification des « unités fondamentales » sont nombreuses. Selon la nature du problème envisagé, ces unités peuvent être des routines, des technologies, des formes organisationnelles, des modèles comportementaux, ou encore des « modèles mentaux ». Deuxièmement, les technologies, les structures comportementales, etc., peuvent être améliorées ou modifiées à travers le temps dans un processus lamarckiste. Troisièmement, l'« héritage » prend divers sens : dans certaines circonstances, la métaphore biologique sur la transmission intergénérationnelle n'est pas superflue ; dans d'autres, l'héritage doit être compris principalement comme « imitation sociale » ; enfin, il peut également ne pas y avoir d'héritage de génération à génération, mais plutôt une perpétuation indéfinie de l'expression phénotypique des traits associés. C'est notamment le cas de l'évolution industrielle où, au moins partiellement, la fréquence de technologies particulières ou de formes organisationnelles croît, diminue ou meurt en même temps que les entités organisationnelles les incarnant (*cf.* Winter [1990]).

Finalement, en biologie et plus généralement en sciences économiques, les objets sur lesquels la sélection opère ne sont pas de simples traits élémentaires mais des structures de dimensions plus élevées dans lesquelles les traits sont imbriqués. Ainsi, les marchés choisissent des produits relativement complexes ou des systèmes technologiques – et non pas des éléments individuels de connaissance technologique ou de routine organisationnelle. Même après avoir supposé qu'un espace sous-jacent de traits technologiques et organisationnels constitue la dimension « primitive » appropriée de l'évolution, il reste toujours nécessaire de disposer d'une interprétation du développement organisationnel pour lier l'« évolution » et la « sélection ». Autrement dit, il faut clarifier les relations entre le niveau du « génotype » et celui du « phénotype » : cette nécessité concerne la biologie, mais c'est également une priorité en sciences économiques. C'est aussi un domaine majeur de complémentarité entre les théories évolutionnistes, d'un côté, et les sciences économiques et la psychologie expérimentale, de l'autre (voir plus bas).

À ce stade, deux points doivent être mentionnés. Premièrement, les études qui mettent l'accent sur les « routines organisationnelles » et les « compétences » commencent à forger ce lien, dans la perspective des TECE et explorent notamment le mode de stockage et de reproduction de la connaissance organisationnelle au sein des organisations (*cf.* Dosi, Nelson et Winter [2000]), la nature et les origines des routines elles-mêmes (Cohen et al. [1996], entre autres), etc. Deuxièmement, à notre connaissance, le problème génotype/phénotype a été largement négligé par la théorie des JE. En fait, l'interprétation biologique fidèle d'un modèle de JE est identique à celle des dynamiques de populations au niveau génétique. Les applications économiques sont plus ambiguës mais on peut raisonnablement les comprendre de manière métaphorique comme étant des dynamiques portant sur des espaces de stratégies (« l'unité fondamentale de sélection »). Ici, la « sélection », qui a, du moins en principe, un sens clair en

biologie – c’est une pression environnementale allant dans le sens de ou s’opposant à la reproduction de traits particuliers –, est supposée équivalente à la pression guidée par les paiements de l’apprentissage adaptatif d’un agent à la rationalité limitée. Comme l’écrit L. Samuelson ([1997], p. 22) : « Je décris les forces guidant les choix stratégiques des agents comme “sélection” ou “apprentissage”. J’utilise ces termes de manière interchangeable car la sélection a “un parfum” davantage biologique alors que l’apprentissage est communément utilisé dans le contexte des sciences économiques. » Cependant, l’interprétation en termes d’« apprentissage » revient, d’une certaine manière, à dire qu’il existe un ensemble de stratégies données et que les agents les « survolent » au moyen d’un algorithme non spécifié. Les gens construisent, au moins sur la moyenne de la population, des résultats identiques à la véritable sélection environnementale opérant sur différents types de stratégies pures¹. Finalement, cela se réduit à l’hypothèse selon laquelle, d’une manière ou d’une autre, le « paysage de sélection » dans la tête des agents est isomorphe par rapport à la « véritable » écologie sélective dans laquelle l’ensemble de la population se situe.

Au contraire, la distinction entre sélection et apprentissage est mise en relief dans les travaux relevant des TECE. La sélection renvoie à ce qui arrive effectivement aux agents (c’est-à-dire au niveau phénotypique) en termes de parts de marché, de profitabilité, de probabilité de survie, etc. ; l’apprentissage concerne ce « qui se passe dans leurs esprits ». Une fois que l’on abandonne l’idée que ces deux termes se reflètent l’un dans l’autre, la question principale devient : qu’est-ce que les agents apprennent et comment ?

L’apprentissage dans des environnements évolutionnistes

Ce thème est bien évidemment trop vaste pour être développé pleinement dans le cadre de cet article (on pourra consulter Dosi, Marengo et Fagiolo [1995]). On se limitera ici à la question de savoir comment les agents (individus et organisations) donnent du sens à des environnements complexes et changeants, et comment ils agissent à l’intérieur de ces derniers. Différents courants de pensée « évolutionniste » partagent l’hypothèse de *limites* pesant sur la rationalité des agents. Généralement, cela signifie simplement que ces derniers sont moins omniscients que Dieu le père (ou que les dieux locaux, à savoir les créateurs du modèle considéré). Mais, au-delà de cet accord général, il ne nous semble pas exister de réel consensus sur la question des *limites* et de ce qu’elles impliquent.

Ainsi, dans Dosi et al. [1995], on suppose *premièrement*, que les agents ne sont pas seulement caractérisés par des limites dans le traitement de l’information et dans la mémoire, mais plus fondamentalement, par un *défaut de compétence* concernant : *a*) la représentation de l’environnement ; *b*) le répertoire de résolution de problèmes ; *c*) la détection et l’estimation des paiements ; et *d*) la

1. « Les agents dans l’application biologique de la théorie des jeux évolutionniste ne choisissent jamais leur stratégie et n’en changent jamais. Au lieu de cela, ils sont liés à une stratégie particulière qu’ils utilisent jusqu’à ce qu’ils meurent. Les variations dans le mélange de stratégies à l’intérieur d’une population sont causées par différents taux de reproduction. Dans les applications économiques, nous avons un processus différent à l’esprit. Les joueurs sont des gens qui choisissent et peuvent changer leur stratégie. Une approche évolutionniste en sciences économiques commence avec un modèle de ce processus d’ajustement de la stratégie » (Samuelson [1997], p. 18).

véritable nature des buts et des préférences. L'apprentissage affecte chacun de ces quatre domaines mais aussi leur co-évolution. *Deuxièmement*, on admet qu'il est possible d'obtenir de précieux indices sur les mécanismes d'apprentissage par l'observation de modèles cognitifs et comportementaux dans des circonstances qui ne sont pas du tout « évolutionnistes » (dans un contexte stationnaire et relativement simple, où les paiements et le menu d'action sont triviaux). Les résultats peuvent être obtenus même si les agents exhibent des biais systématiques en comparaison des prescriptions du modèle de prise de décisions rationnelles – ainsi que les expérimentations l'ont montré. *Troisièmement*, et plus généralement, les preuves relevées lors de l'étude de modèles individuels comportementaux de cognition/décision et au niveau des régularités dans les ajustements organisationnels et de l'apprentissage, doivent être considérées comme des critères fondamentaux permettant de fonder les modèles évolutionnistes sur un plan microéconomique.

À ce stade, on peut noter que les différences entre les diverses perspectives mentionnées jusqu'ici sont saisissantes. D'un côté, les modèles des TECE ont essayé de représenter des agents reflétant certaines régularités « phénoménologiques » (sur la fixation des prix, l'investissement en R&D, etc.). De l'autre côté, les modélisateurs des JE (bien qu'utilisant parfois des hypothèses simplistes) ont soigneusement évité d'incorporer des considérations empiriques issues de l'économie expérimentale et des sciences cognitives. Ainsi, la remarque de Camerer ([1997], p. 167), selon laquelle « lorsque la théorie des jeux tente de décrire des comportements, elle le fait souvent avec un ratio étonnamment bas d'observations en vue de théoriser », s'applique également à la version de JE. Pour souligner ce point, on peut comparer d'un côté Fudenberg et Levine [1998] et Samuelson [1997] et de l'autre les évidences expérimentales mises en avant dans Camerer [1995] et [1997]. Le contraste entre ce que théorisent (ou prescrivent ?) les modélisateurs de l'organisation industrielle et les évidences sur les comportements réels d'entreprises est encore plus frappant¹.

En guise d'illustration, on peut considérer les exemples d'interaction impliquant une dimension stratégique, présentés notamment dans le travail pionnier de Schelling [1978]. Les environnements qui définissent nombres de ces « jeux » *ne* sont *pas* évolutionnistes dans un sens spécifique : il n'y a pas de dynamique dans les « fondamentaux » ; l'ensemble des actions possibles est fixé, donné, dès le début et totalement compréhensible par les agents ; il n'y a pas de dynamique de « répllication ». Si ces jeux ont une dimension évolutionniste, elle se trouve dans la façon dont les gens parviennent à comprendre de tels environnements et développent leurs répertoires d'actions. Depuis la contribution de Schelling, qu'avons-nous appris en termes de théories descriptives (même s'il est vrai que nous avons beaucoup appris sur la logique de la structure et l'intérêt des interactions en les reformulant en des termes formels propres à la théorie des jeux) ? Quels gains descriptifs peuvent découler du fait de postuler une certaine variété des dynamiques en théorie des JE ? En fait, ces dynamiques tendent à devenir une théorie implicite de l'apprentissage adaptatif ; si tel est effectivement le cas, il faut alors faire une vérification empirique de cette théorie, dans le cadre des disciplines cognitives et comportementales. Par exemple, est-ce que les gens apprennent vraiment à travers des mécanismes qui entraînent les renforcements

1. Cf. les comptes rendus dans Loasby [1995] et Metcalfe [1995] de Milgrom et Roberts [1992].

individualistes postulés par beaucoup de jeux évolutionnistes ? À cet égard, la réponse expérimentale semble négative. Il semblerait plutôt (voir l'argumentation développée dans Dosi et al. [1995]) qu'une piste de recherche plus prometteuse concerne la description explicite de la nature et de la dynamique des modèles mentaux et des catégories interprétatives à travers lesquels les agents donnent du sens et s'ajustent à l'environnement auquel ils sont confrontés. *A fortiori*, nous suggérons que ceci s'applique aux environnements évolutionnistes qui possèdent les caractéristiques décrites plus haut. Mais cela, en réalité, nécessite des théories descriptives des comportements économiques reposant sur des « nano-fondements » empiriques, qui prennent en compte les résultats de la littérature de plus en plus abondante consacrée aux dynamiques de la cognition, du « raisonnement », et des « sentiments » (au niveau individuel) et aux comportements organisationnels (au niveau collectif).

CONCLUSION

Pour résumer, il existe de multiples dimensions à partir desquelles on peut évaluer les différentes perspectives des arguments évolutionnistes.

Une première dimension concerne le degré de « rationalité » que les agents sont supposés posséder dans la compréhension progressive de l'environnement de décision, comparé à la complexité objective de leurs tâches cognitives et de la résolution des problèmes.

Une seconde dimension est liée à la nature des environnements évolutionnistes analysés et au type de configuration utilisée. Deux possibilités existent : soit une configuration de type « petit monde », soit au contraire une configuration dynamique « sans limite » pour rendre compte des formes variées de la nouveauté générée de manière endogène.

La troisième dimension se situe au niveau méthodologique : c'est la question cruciale concernant le degré de discipline phénoménologique sur laquelle les modèles reposent. Ce point renvoie à des aspects importants, comme les capacités cognitives des agents, les mécanismes d'apprentissage, les règles de comportements, le format d'interaction, etc.

Enfin, il reste à savoir ce que les différents modèles tentent d'interpréter, et quels sont les critères de vérifications qu'ils mettent en place pour eux-mêmes.

Il est clair qu'à la lumière de cette brève évaluation de l'état de l'art, de grandes différences persistent entre toutes ces dimensions. Cependant, l'optimisme doit rester de rigueur. En effet, toutes les perspectives décrites précédemment vont dans le même sens : elles s'inscrivent dans l'impératif, « la dynamique avant tout ». Interpréter le changement signifie raconter, d'une manière ou d'une autre, le déroulement d'une histoire, plutôt que « rationaliser » l'existant pour le rendre cohérent. Certes, cela ne suffit pas pour construire une interprétation évolutionniste des dynamiques économiques cohérente. Il convient, en effet, de réexaminer attentivement les fondements microéconomiques qui caractérisent ce que les agents font, comment ils apprennent, leurs interactions et les façons dont les comportements sont articulés au sein de structures institutionnelles et d'« habitudes de pensée ». Pour les économistes, ce réexamen requiert certaine-

ment une plus grande attention aux résultats issus d'autres disciplines, telles que la psychologie ou les sciences politiques. Le point fort d'une telle investigation tient dans le fait qu'une analyse descriptive des évolutions observées des comportements individuels et collectifs permet de se libérer (au moins en partie) de « la prison » conceptuelle provenant d'une théorie de l'action déductive et normative.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON P., ARROW K. et PINES D. (eds) [1988], *The Economy as an Evolving Complex System*, Redwood City (Cal.), Addison-Wesley.
- ARTHUR B., ERMOLIEV Y. et KANIOVSKI Y. [1987], « Path-dependent processes and the emergence of macrostructure », *European Journal of Operations Research*, 30, p. 294-303.
- AXTELL R., et EPSTEIN J. [1996], *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*, Washington, The Brookings Institution.
- BASALLA G. [1988], *The Evolution of Technology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- BASSANINI A. et DOSI G. [1998], « Competing Technologies, International Diffusion and the Rate of Convergence to a Stable Market Structure », IIASA, Laxemburg, Austria, IR-98-012, à paraître dans ANTONELLI C., FORAY D., HALL B. et STEINMULLER E. (eds), *New Frontiers in the Economics of Innovation, Essays in Honor of Paul David*, Cheltenham, Edward Elgar [2003].
- BOLDRIN M. [1988], « Persistent oscillation and chaos in economic models: notes for a survey », dans ANDERSON et al. [1988], *The Economy as an Evolving Complex System*, Redwood City (Cal.), Addison-Wesley.
- CAMERER C. [1995], « Individual decision making », dans KAGEL J.H. et ROTH A.E., (eds), *The Handbook of Experimental Economics*, Princeton (N.J.), Princeton University Press.
- CAMERER C., et HO T. H. [1997], « Learning in games » dans PLOTT et SMITH (eds), *Handbook of Experimental Economics Results*.
- CAMERER C. [1997], « Progress in behavioral game theory », *Journal of Economic Perspectives*, 11, p. 167-88.
- CARROLL G. R. [1997], « Long term evolutionary change in organizational populations: Theory, models and empirical findings in industrial demography », *Industrial and Corporate Change*, 6, p. 119-143.
- CASTI J.L. [1992], *Reality Rules*, New York, Wiley.
- CHANDLER, A., HÄGSTROM P. et SÖLVELL Ö. (eds) [1998], *The Dynamic Firm*, Oxford, Oxford University Press.
- CHIAROMONTE F. et DOSI G. [1993], « Heterogeneity, competition and macroeconomic dynamics », *Structural Change and Economic Dynamics*, 4, p. 39-46.
- CHIAROMONTE F. et DOSI G. [1998], « Modeling a Decentralized Asset Market: An Introduction to the Financial "Toy-Room" », Interim Report, IIASA, Laxemburg, Austria.
- CONLISK J. [1989], « An aggregate model of technical change », *Quarterly Journal of Economics*, 104, p. 787-821.
- CORIAT B. et DOSI G. [1998 a], « The institutional embeddedness of economic change: An appraisal of the "evolutionary" and "regulationist" research programmes », dans NIELSEN K. et JOHNSON B. (eds), [1998].
- CORIAT B. et DOSI G. [1998 b], « Learning how to govern and learning how to solve problems: On the co-evolution of competences, conflicts and organizational routines », dans CHANDLER A. et al. [1998].

- CYERT R.M. et MARCH J. [1963], *A Behavioral Theory of the Firm*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice Hall.
- DAVID P.A. [1975], *Technical Choice, Innovation and Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press.
- DAVID P.A. [1985], « Clio and the economics of QWERTY », *American Economic Review Papers and Proceedings*, 75, p. 332-337.
- DAVID P.A. [1988], « Path-dependence: Putting the Past into the Future of Economics », Stanford, Institute for Mathematical Studies in Social Sciences, Stanford, Stanford University Dept. of Economics, Technical Report, 533.
- DAVID P.A. [1992], « Heroes, herds and hysteresis in technological change: Thomas Edison and the battle of the systems », *Industrial and Corporate Change*, 1, p.139-180.
- DAY R., et ELIASSON G. (eds) [1986], *The Dynamics of Market Economies*, Amsterdam, North Holland.
- DOSI G. [1982], « Technical paradigms and technical trajectories: the determinants and directions of technical change and the transformation of the economy », *Research Policy*, 11, p. 147-62.
- DOSI G. [1988], « Sources, procedures and microeconomic effects of innovation », *Journal of Economic Literature*, 26, p. 126-173.
- DOSI G., FREEMAN C., NELSON R.R., SILVERBERG G. et SOETE L. (eds) [1988], *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Francis Pinter/New York, Columbia University Press.
- DOSI G. et NELSON R.R. [1994]. « An introduction to evolutionary theories in economics », *Journal of Evolutionary Economics*, 4, p. 153-172.
- DOSI G., MARSILI O., ORSENIGO L. et SALVATORE R. [1995]. « Learning, market selection and the evolution of industrial structures », *Small Business Economics*, 7, p. 411-436.
- DOSI G., MARENGO L. et FAGIOLO G. [1996], « Learning in Evolutionary Environments », Luxembourg, Austria: IIASA Working Paper, à paraître dans DOPFER K. (ed.), *Evolutionary Principles of Economics*, Cambridge/New York, Cambridge University Press.
- DOSI G. et FAGIOLO G. [1998], « Exploring the unknown: On entrepreneurship, coordination and innovation-driven growth », dans LESOURNE J. et ORLÉAN A. [1998].
- DOSI G., PAVITT K. et SOETE L. [1990], *The Economics of Technological Change and International Trade*, Brighton, Wheatsheaf et New York, New York University Press.
- ELDREDGE N. et GOULD S. [1972], « Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism », dans SCHOPF T.J.M. (ed.), *Models in Paleobiology*, San Francisco, Freeman, Cooper and Co., p. 82-115.
- FAGERBERG J. [1994], « Technology and international differences in growth rates », *Journal of Economic Literature*, 32, p. 1147-75.
- FAGIOLO G. [1998], « Spatial interaction in dynamic decentralized economies: A review », dans COHENDET P., LLERENA P., STALIN H. et UMBHAUER G. (eds), *The Economic of Networks*, Berlin/New York, Springer Verlag.
- FONTANA W. et BUSS L. [1994a], « “The arrival of the fittest” : toward a theory of biological organization », *Bulletin of Mathematical Biology*, 56, p. 1-64.
- FONTANA W. et BUSS L. [1994b], « What would be conserved if the “tape were run twice” ? », *Proc. Nat. Acad. Sci., USA*, 91, p. 757-761.
- FREEMAN C. [1982], *The Economics of Industrial Innovation*, 2^e éd., Londres, Francis Pinter.
- FREEMAN C. [1994], « The economics of technical change », *Cambridge Journal of Economics*, 14, p. 463-514.
- FRENKEN K., MARENGO L. et VALENTE M. [1999], « Interdependencies, near-decomposability and adaptation », dans BRENNER Th. (ed.), *Computational Techniques for Modeling Learning in Economics*, Boston/ Dordrecht, Kluwer.
- FRIEDMAN D. [1991], « Evolutionary games in economics », *Econometrica*, 59, p.637-666.
- FRIEDMAN M. [1953], « The methodology of positive economics », dans *Essays in Positive Economics*, Chicago, University of Chicago Press.

- FUDENBERG D. et LEVINE D.K. [1998], *The Theory of Learning in Games*, Cambridge (Mass.) MIT Press.
- GRANDSTRAND O. (ed.) [1994], *The Economics of Technology*, Amsterdam, Elsevier/North Holland.
- HANNAN M.T. et FREEMAN J. [1989], *Organizational Ecology*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press.
- HANNAN M.T. et CARROLL G.R. [1992], *Dynamics of Organizational Populations*, New York/Oxford, Oxford University Press.
- HODGSON G. [1993], *Economics and Evolution*, Cambridge, Polity Press; Ann Arbor, (Mich.) University of Michigan Press.
- HOFBAUER J. et SIGMUND K. [1988], *The Theory of Evolution and Dynamical Systems*, Cambridge, Cambridge University Press.
- KAUFFMAN S.A. [1993], *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, New York/Oxford, Oxford University Press.
- KAUFFMAN S.A. et MACREADY [1995], « Technological evolution and adaptive organizations », *Complexity*, 2, p. 26-43.
- KIRMAN A.P. et VIGNES A. [1991], « Price dispersion: theoretical considerations and empirical evidence from the Marseilles fish market », dans ARROW K. (ed.), *Issues in Contemporary Economics*, Londres, MacMillan.
- KIRMAN A.P. et WEISBUCH G. [1998], « Market organization », dans LESOURNE J. et ORLÉAN A., [1998].
- KLEPPER S. [1996], « Entry, exit, growth and innovation over the product life cycle », *American Economic Review*, 86, p. 562-83.
- KREPS D.M. [1996], « Markets, hierarchies and mathematical economic theory », *Industrial and Corporate Change*, 5, p. 561-596.
- KRUGMAN P. [1996], *The Self-Organizing Economy*, Oxford/New York, Blackwell.
- LANE D. [1993], « Artificial worlds and economics », Parts I and II, *Journal of Evolutionary Economics*, 3, p. 89-107 et p. 177-197.
- LESOURNE J. [1991], *L'économie de l'ordre et du désordre*, Paris, Economica.
- LESOURNE J. et ORLÉAN A. (eds) [1998], *Advances on Self-Organization and Evolutionary Processes*, Paris, Economica.
- LEVINTHAL D. [1997], « Adaptation on rugged landscapes », *Management Science*, 43, p. 934-950.
- LINDGREN R. [1992], « Evolutionary phenomena in simple dynamics », dans LANGTON C.G. (ed.), *Artificial Life II*, Redwood City (Cal.) Addison Wesley, p. 295-312.
- LOASBY B.J. [1995], « Running a business: an appraisal of *Economics, Organization and Management* by Paul Milgrom and John Roberts », *Industrial and Corporate Change*, 4, p. 471-490.
- LUNDVALL B.-Å. (ed.) [1992], *National Systems of Innovation*, Londres, Francis Pinter.
- MARCH J., et SIMON H. [1958], *Organizations*, New York, Wiley.
- MALERBA F. et ORSENIGO L. [1997], « The dynamics and evolution of industries », *Industrial and Corporate Change*, 6, p. 51-87.
- MARENKO L. et TORDJMAN H. [1996], « Speculation, heterogeneity and learning: A model of exchange rate dynamics », *Kyklos*, 47, p. 407-438.
- MAYNARD SMITH J. [1976], « Evolution and the theory of games », *American Scientist*, 64, p. 46-61.
- METCALFE S. [1992], « Variety, structure and change: An evolutionary perspective on the competitive process », *Revue d'Économie Industrielle*, 65, p. 46-61.
- METCALFE S. [1995], « Economics, Organizations and Management: A review of Milgrom and Roberts », *Industrial and Corporate Change*, 4, p. 491-497.
- MILGROM P. et ROBERTS J. [1992], *Economics, Organization and Management*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice-Hall.
- MOKYR J. [1990], *The Lever of Riches*, Oxford, Oxford University Press.
- NAKICENOVIC N. et GRÜBLER A. (eds) [1992], *Diffusion of Technologies and Social Behaviour*, Berlin/Heidelberg/New York, Springer Verlag.

- NELSON R.R. (ed.) [1993], *National Innovation Systems: A Comparative Study*, Oxford/New York, Oxford University Press.
- NELSON R. et WINTER S. [1982], *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, (Mass.) Belknap Press of Harvard University Press.
- NELSON R.R. [1995], « Recent evolutionary theorizing about economic change », *Journal of Economic Literature*, 33, p. 48-90.
- NICOLIS G. et PRIGOGINE I. [1977], *Self-Organization in Non-equilibrium Systems*, New York, Wiley.
- NIELSEN K. et JOHNSON B. (eds) [1998], *Institution and Economic Change*, Cheltenham, Edward Elgar.
- PAVITT K. [1984], « Sectoral patterns of innovation: Toward a taxonomy and a theory », *Research Policy*, 13, p. 343-375.
- PLOTT C.R. et SMITH V.L. (eds) [à paraître], *Handbook of Experimental Economics Results*, Amsterdam/New York, North Holland.
- ROSENBERG N. [1976], *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ROSENBERG N. [1982], *Inside the Black Box*, Cambridge, Cambridge University Press.
- SAMUELSON L. [1997], *Evolutionary Games and Equilibrium Selection*, Cambridge, (Mass.) MIT Press.
- SHELLING T.C. [1978], *Micro Motives and Macro Behaviors*, New York, Norton.
- SILVERBERG G., DOSI G. et ORSENGO L. [1988], « Innovation, diversity and diffusion. A self-organization model », *Economic Journal*, 98, p. 1032-1054.
- SILVERBERG G. et SOETE L. (eds) [1993], *The Economics of Growth and Technical Change: Technologies, Nations, Agents*, Aldershot, Edward Elgar.
- SILVERBERG G. et VERSPAGEN B. [1994], « Learning, innovation and economic growth: A long-run model of industrial dynamics », *Industrial and Corporate Change*, 3, p. 199-223.
- SILVERBERG G. et VERSPAGEN B. [1995], « Evolutionary theorizing on economic growth », *IIASA Working Paper WP-95-78* (Mass.), à paraître dans DOPFER K. (ed.), *Evolutionary Principles of Economics*, Norwell (Mass.) Kluwer.
- TORDJMAN H. [1998], « Evolution: history, change and progress », dans LESOURNE J. et ORLEAN A. (eds) [1998].
- UTTERBACK J. et SUAREZ F. [1992], « Innovation, competition et market structure », *Research Policy*, 21, p. 1-21.
- VEBLEN T. [1898], « Why is economics not an evolutionary science ? », *Quarterly Journal of Economics*, 12.
- VEGA-REDONDO F. [1996], *Evolution, Games and Economic Behaviours*, Oxford/New York, Oxford University Press.
- VINCENTI W.A., [1990]. *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- WEIBULL J.W. [1995], *Evolutionary Game Theory*, Cambridge (Mass.), MIT Press.
- WEISBUCH G., KIRMAN A.P. et HERREINER D. [1998], « Market organization », dans LESOURNE J. et ORLÉAN A., [1998].
- WESTHOFF F.H., YABROURGH B.V. et YABROURGH R.M. [1996], « Complexity, organization, and Stuart Kauffman's *The Origins of Order* », *Journal of Economic Behavior and Organization*, 29, p. 1-25.
- WINTER S.G. [1984], « Schumpeterian competition under alternative technological regimes », *Journal of Economic Behaviour and Organization*, 5, p. 287-320.
- WINTER S.G. [1986], « The research program of the behavioral theory of the firm: Orthodox critique and evolutionary perspective », dans GILAD B. et KAISH S. (eds), *Handbook of Behavioral Economics*, Greenwich (Conn.) JAI Press, p. 155-188.
- WINTER S.G. [1988], « Economic natural selection and the theory of the firm », dans EARL P.E. (ed.), *Behavioural economics*, 1, Aldersho, Edward Elgar.
- WINTER S.G. [1990], « Survival, selection and inheritance in evolutionary theories of organization », dans SINGH J.V. (ed.), *Organizational Evolution: New Directions*, Newbury Park (Cal.), Sage Publications.

- WINTER S.G., KANIOVSKI Y. et DOSI G., [2000], « Industrial dynamics with innovative entrants », *Structural Change and Economic Dynamics*, 11, p. 255-293.
- WINTER S.G., KANIOVSKI Y. et DOSI G. [1997], « A baseline model of industrial evolution », Interim Report, Laxenburg, Austria: IASA.
- WITT U. (ed.) [1993], *Evolutionary Economics*, Aldershot, Edward Elgar.
- YOUNG P. [1998], *Individual Strategy and Social Structure*, Princeton, Princeton University Press.