



Analyse évolutionniste de la dynamique sectorielle

Marie-Claude BELIS-BERGOIGNAN

*Université de Bordeaux
GREThA UMR CNRS 5113*

*Cahiers du GREThA
n° 2009-18*

GREThA UMR CNRS 5113
Université Montesquieu Bordeaux IV
Avenue Léon Duguit - 33608 PESSAC - FRANCE
Tel : +33 (0)5.56.84.25.75 - Fax : +33 (0)5.56.84.86.47 - www.gretha.fr

Analyse évolutionniste de la dynamique sectorielle

Résumé

Le propos de ce chapitre est de mettre en évidence la manière dont la théorie évolutionniste peut offrir un cadre adéquat pour les études sectorielles. Il énonce les grandes lignes d'une telle démarche en se focalisant sur les concepts-clés, tout en esquissant des clés d'interprétation des dynamiques sectorielles. Les illustrations concrètes fournies cherchent à faire apparaître que ces concepts ne sont pas des outils clés-en-mains dans le cadre d'une démarche d'économie industrielle appliquée.

Mots-clés : changement technique ; innovation ; trajectoires sectorielles ; régimes technologiques ; systèmes sectoriels d'innovation et de production

An evolutionist analysis of sectoral dynamics

Abstract

The purpose of this chapter is to highlight how evolutionary theory can provide an adequate framework for sectoral studies. It sets out the broad outlines of such an approach focusing on key concepts, while suggesting lines of interpretation of industrial dynamics. The concrete illustrations provided are seeking to show that these concepts are not ready-made tools within an applied industrial economy approach.

Keywords: technological change ; innovation ; sectoral trajectories ; technological regimes ; sectoral innovation and production systems

JEL : L6 to L9 ; O3.

<p>Reference to this paper: Marie-Claude BELIS-BERGOUIGNAN, "Analyse évolutionniste de la dynamique sectorielle", <i>Working Papers of GREThA</i>, n° 2009-18, http://ideas.repec.org/p/grt/wpegrt/2009-18.html.</p>
--

Ce document constitue le chapitre 3 de l'ouvrage *Industries, Innovations, Institutions. Eléments de dynamique industrielle*, coordonné par Marie-Claude Bélis-Bergouignan, Bernard Jullien, Yannick Lung et Murat Yildizoglu à paraître aux Presses Universitaires de Bordeaux, 2010.

1. « Dynamics first »

L'impératif méthodologique majeur de la théorie évolutionniste peut se résumer au fameux « *Dynamics first* » de Sidney Winter¹ qui doit être compris à la fois de manière positive et négative. Il représente une prescription positive orientant l'explication du mode d'existence actuel d'un phénomène vers la mise en lumière de la manière dont il est devenu ce qu'il est. Il exprime également une prescription négative vis-à-vis d'explications réductrices, qu'elles soient déterministes ou fonctionnalistes. La théorie évolutionniste se donne pour objet d'analyse la dynamique des systèmes méso-économiques, appréhendés en termes de secteurs ou d'industries. Elle propose une vision cohérente des forces de changement et de sélection à l'œuvre, notamment sous l'effet des processus d'innovation.

1.1. Secteurs et industries dans la dynamique évolutionniste

Les secteurs fournissent un mode de représentation de l'activité économique dont la pertinence et la portée heuristique ont été reconnues de longue date, que ce soit par les économistes, les gestionnaires ou les historiens. L'intérêt académique porté aux études sectorielles se trouve également renforcé par la forte demande sociale exprimée pour ce type d'approche par les entreprises, mais aussi par les responsables en charge de la politique industrielle et technologique. Les apports de l'économie industrielle à cette thématique se sont manifestés dans le domaine théorique et empirique.

Sur le plan théorique, la tradition de « l'industrial organization » (généralement identifiée par le triptyque *Structures - Comportements - Performances*), puis les renouvellements plus récents de l'économie industrielle (théorie de la firme, analyse de la coordination et de la coopération stratégiques etc.) ont permis de mettre en évidence la diversité des secteurs. On peut cependant reprocher à ces analyses, en dépit des progrès qu'elles ont occasionné, d'appréhender la spécificité des secteurs – essentiellement saisie en termes de concentration, de degré d'intégration verticale, de barrières à l'entrée – et leur dynamique – essentiellement pensée en termes de croissance, d'augmentation de la

¹ Cité par Coriat et Dosi, 1998, p. 4.

profitabilité ou de progrès technique – de manière trop réductrice (Malerba, 2002). Quant à la dynamique sectorielle, elle n’y est abordée qu’au travers de mécanismes abstraits (relations fonctionnelles univoques) tandis que les secteurs n’y sont définis que comme des ensembles prédéterminés dont les frontières sont données et intangibles.

Sur le plan empirique, dès l’origine, l’économie industrielle, a développé de très nombreuses études ou monographies sectorielles qui représentent un matériau très riche mais – c’est le revers de la médaille – dont les résultats, assez dispersés et éclectiques, n’autorisent pas de confrontations probantes avec les préconisations issues des travaux théoriques. Outre les défauts inhérents à la dichotomie entre apports théoriques et empiriques, la nécessité d’appréhender de manière plus cohérente et mieux intégrée la dynamique industrielle a conduit à promouvoir d’autres approches qui seront exposées dans le présent chapitre.

Ces approches sont, tout d’abord, fondées sur une définition alternative, plus conforme à la multi dimensionnalité des secteurs. Dans la théorie standard, les secteurs sont essentiellement composés de firmes, acteurs utilisant les mêmes types de technologies ou d’inputs – ils sont exclusivement fondés sur la référence à la nomenclature sectorielle d’activités ou de produits –, et ayant des comportements concurrentiels et un positionnement de marché similaires. Les approches alternatives proposent de dépasser ce point de vue réducteur par l’intégration de la multiplicité des acteurs (firmes, organismes publics, institutions) impliqués dans un secteur et par la prise en compte de la multiplicité de leurs modes de coordination. Par conséquent, si un secteur se définit toujours à travers le produit (ou l’ensemble de produits) qu’il développe, il possède une dimension systémique et stratégique que l’analyste se doit de capturer, puisque cette dimension intervient de manière cruciale dans les configurations et les dynamiques industrielles.

La vision systémique proposée ci-dessus peut être développée à partir de deux postures scientifiques dont les points de vue sont complémentaires : celle de l’évolutionnisme d’une part, qui est celle qui est présentée dans ce chapitre ; celle de l’institutionnalisme d’autre part. Outre leur commune divergence par rapport à la théorie standard, les deux visions présentent une communauté de vues que l’on doit d’abord souligner : un point de vue schumpétérien sur le changement technique, la reconnaissance du rôle des institutions, une vision de la dynamique industrielle pensée en termes de coévolution.

Toutefois, alors que l’évolutionnisme se focalise principalement sur le progrès technique et la dynamique d’accumulation du savoir et son articulation avec les autres dimensions, notamment organisationnelles et institutionnelles du système sectoriel d’innovation et de production, le point de vue institutionnaliste met d’emblée l’accent sur l’ensemble de ces dimensions dans une perspective plus holiste, notamment par la connexion des niveaux méso et macroéconomiques, ayant pour propos de mettre en lumière la capacité d’une industrie à se reproduire par la production d’un ordre permettant la régulation des conflits.

1.2. Changement technique et innovation dans la dynamique évolutionniste

Suite aux recherches séminales de Nelson et Winter (1982), dont on a fait ultérieurement une sorte de manifeste de la démarche, mais également grâce aux travaux avant-gardistes de Freeman et Rosenberg, la problématique du dynamisme industriel sera étroitement liée à l’analyse du rôle du changement technique et de l’innovation. Partant de l’hypothèse que les acteurs sont mus, notamment, par leur aptitude à découvrir et créer de la

nouveauté (cf. *Cahiers du GREThA* 2009-16), la mise en évidence de logiques sectorielles, sur lesquelles de nombreux auteurs se sont focalisés au cours des décennies quatre-vingt et quatre-vingt-dix, apparaît assez « naturellement » comme le résultat agrégé et émergent de processus interactifs et hétérogènes individuels au sein desquels le changement technique et l'innovation sont reconnus comme moteurs. Moati (2008) propose une représentation stylisée de la dynamique sectorielle, « comme résultant de la dialectique des forces de mutation et des forces de sélection » en mettant en exergue les points nodaux de cette dynamique : elle va des conditions de base concernant l'environnement externe et interne des entreprises² aux stratégies d'acteurs, puis au régime de concurrence. Chacune de ces dimensions renvoie aux concepts-clés de la théorie évolutionniste, concepts qui sont examinés ci-après.

Quelles que soient les motivations qui ont conduit à identifier de nos jours l'innovation³ comme le facteur majeur de la dynamique économique, l'appréhension du changement technique, ingrédient clé du processus d'innovation, suppose la constitution de concepts appropriés, que la théorie standard n'a pas développés (voire ne peut développer⁴). La théorie évolutionniste postule que la dynamique d'innovation est en relation étroite avec le processus d'accumulation du savoir⁵, la diversité des processus cognitifs étant à l'origine d'une spécificité sectorielle des modèles d'innovation (2). La dynamique sectorielle étant appréhendée, en premier lieu, en termes de changement technique et d'innovation, dans la mesure où ces derniers dépendent d'une dynamique différenciée d'accumulation du savoir entre industries, il en découle une variété de trajectoires (3) et de régimes technologiques sectoriels (4). La robustesse de ces orientations conceptuelles repose, parallèlement à l'élaboration de modélisations formelles, sur la mise en œuvre de nombreuses études empiriques, souvent sectorielles, d'inspiration évolutionniste⁶ qui ont essentiellement cherché à expliciter comment la connaissance est produite, diffusée et économiquement exploitée (Dosi, 1997).

La plupart des auteurs reconnaissent toutefois, voire mettent en avant, que la dynamique sectorielle ne saurait être réduite à une dynamique cognitive. De nombreuses analyses ont donc progressivement émergé permettant de souligner le rôle des organisations et des institutions dans l'émergence et la diffusion des nouvelles connaissances. La notion de Systèmes Sectoriels d'Innovation et de Production (SSIP) proposée par Malerba (2002) pour appréhender la complexité des industries, au sein desquels la dimension de l'innovation est toujours fortement soulignée, met également en exergue que les régimes technologiques sont non seulement enchâssés dans un contexte institutionnel, mais encore sont viabilisés par les organisations et institutions qui les portent. La coévolution (Van den Bergh et Stiglitz, 2003) apparaît alors comme la vision la plus adéquate pour analyser les dynamiques de ces systèmes, compte tenu du fait que les différents éléments qui les composent (technologies, marchés, institutions etc.) sont très largement interdépendants (5).

² Les dimensions externes des conditions de base sont assez proches de celles de la séquence structuraliste de l'économie industrielle. En revanche, les dimensions internes s'en démarquent puisqu'elles donnent une place prépondérante à la diversité des compétences des firmes, et, de là, à l'hétérogénéité de leurs comportements.

³ L'innovation représente la recherche, la découverte, l'expérimentation, l'imitation et l'adoption de nouveaux produits ou procédés et de nouveaux dispositifs organisationnels (Dosi, 1988 a).

⁴ Ainsi, « l'outil des fonctions de production ne peut, par nature, prendre en compte la partie des connaissances non articulées qui sont cependant mobilisées à chaque instant dans les activités productives. » (Arena et Lazaric, 2003, p. 324).

⁵ D'où le qualificatif de « cognitivisme » qui peut servir à désigner ce type de démarche.

⁶ En effet, de nombreux auteurs peuvent être rattachés à cette entreprise et peuvent ressortir de cette approche tout en ne se qualifiant pas pour autant « d'évolutionnistes » et en ne reprenant à leur compte qu'une partie des concepts et des cadres analytiques « *in use* ».

2. Processus cognitifs et dynamique de l'innovation

L'évolutionnisme prend le contre-pied de la vision standard, dans laquelle la technologie est assimilée à de l'information et où l'innovation apparaît comme le résultat de la décision rationnelle d'allocation des ressources dans un contexte de marché concurrentiel. Dans cette représentation, science et technologie ne diffèrent que par leurs buts et non par leur contenu, qui n'est pas distinguable (Orsenigo, 1989). Du point de vue évolutionniste, la conceptualisation standard souffre de défauts majeurs liés à l'absence de distinction entre *information* d'une part et *connaissance* d'autre part, sachant que le changement technique et l'innovation relèvent en grande partie de cette dernière. D'où la nécessité d'un retour sur la compréhension de la nature et des propriétés de la technologie.

La technologie (au sens originel de « discours sur la technique ») peut être appréhendée comme l'ensemble raisonné du savoir sur la technique mettant en jeu des connaissances hétérogènes. Ainsi, elle est composée d'une part de savoir aisément transmissible, applicable, notamment parce que codifiable ; d'autre part de savoir idiosyncrasique, c'est-à-dire spécifique à des individus, des organisations ou des applications particulières, ce qui renvoie au caractère tacite (non exprimable : en mots, en exemples etc.) de la connaissance – mise en exergue par Michaël Polanyi (1967). La prise en compte de cette diversité par la vision évolutionniste de la technologie, en insistant sur le caractère privatif de la connaissance, la conduit donc à se différencier de la vision standard à travers la remise en cause du caractère de bien public et non-excluable de la connaissance, réduite à de l'information, que cette dernière lui confère *a priori*. Ce caractère privatif est lié, en grande partie, au caractère idiosyncrasique de la connaissance, sachant que les connaissances tacites peuvent en grande partie être partagées par plusieurs individus immergés dans le même contexte socioprofessionnel ou sectoriel. On notera à ce propos que la diffusion sociale des connaissances, du fait de leur caractère partiellement tacite se traduit par une certaine viscosité du savoir (Von Hippel, 1994). Toutefois, le degré de viscosité des connaissances étant insuffisant pour assurer une protection efficace de l'inventeur, à l'origine d'un savoir nouveau, d'une diffusion sociale de ce savoir, l'existence de droits de propriété spécifiques sur les inventions, les brevets, traduit le degré d'arbitrage juridiquement exercé entre la diffusion socialement souhaitable des connaissances et la nécessaire protection de l'inventeur.

Les difficultés de transmission des connaissances sont augmentées en raison de la complexité de la technologie qui repose, en effet, sur des bases de connaissance différenciées et des combinaisons spécifiques de savoir. Nonaka et Takeuchi (1995) proposeront un cadre analytique rendant compte de cette complexité lors de la création de connaissances au sein des organisations. En effet, si de nouvelles connaissances sont développées par des individus, les organisations jouent un rôle crucial dans leur articulation et leur développement. Ce processus est explicité par le « dialogue » continu entre connaissances tacites et connaissances explicites à travers quatre modes successifs d'interactions : la socialisation, allant du tacite au tacite ; puis l'externalisation, allant du tacite au codifié ; suivie de l'internalisation, allant du codifié au tacite ; enfin, la combinaison, allant du codifié au codifié. Ces interactions matérialisent ainsi, selon un processus en spirale, la dynamique d'élargissement et d'accumulation des connaissances au sein de l'organisation.

Par ailleurs, des combinaisons variables de savoir public (laboratoires ou organismes publics de recherche) et privé (département R&D des firmes ou firmes) déterminent également les évolutions de la technologie (Cohen et Levinthal, 1990 ; Malerba, 1992a). En conséquence, en raison de l'hétérogénéité de ces sources, le transfert de technologie est difficile, coûteux en argent et en temps.

De plus, la technologie évolue selon un processus cumulatif mais hautement incertain, voire caractérisé par une incertitude radicale, dépeint notamment par Nelson et Winter (1977), puis Rosenberg (1982)⁷. L'incertitude est beaucoup plus forte que celle que les modèles standard attribuent à ce processus (Cohendet et Gaffard, 1991). En effet, elle porte non seulement sur le manque de connaissances touchant aux résultats et aux coûts des alternatives identifiées mais également sur le manque de connaissances concernant la liste (dénombrement et identification) des alternatives existantes.

La progression de la technologie n'est pas linéaire mais séquentielle et inégale, ce qui implique pour capturer les traits généraux de l'innovation que l'on mobilise la représentation de processus d'apprentissages. Cette démarche conduit, notamment, à développer les distinctions initiales de Arrow (1962) et Rosenberg (1982) entre *learning by doing* et *learning by using*, selon que l'utilisateur est un opérateur appartenant au processus de production ou qu'il est un consommateur final. La caractérisation des processus d'apprentissage progressera par la suite par la prise en compte de la dimension collective, institutionnelle et organisationnelle de l'apprentissage, via les notions de *learning by interacting* (mobilisée notamment par Lundvall, 1992), de *remembering* et de *creative forgetting* (Johnson, 1992). De la diversité de ces apprentissages, dont la caractéristique principale est d'être en constante évolution, découle la multiplicité des mécanismes de coordination intervenant dans les processus d'innovation.

En conséquence, et contrairement à l'analyse standard, la technologie et le processus d'innovation sont nécessairement spécifiques aux firmes. Du coup, il apparaît indispensable de décrypter et de mettre à jour les traits généraux permettant de dépasser le relativisme absolu qui peut apparaître comme la conséquence logique de cette spécificité. D'où, l'émergence de conceptualisations en termes de paradigmes et de trajectoires technologiques (Orsenigo, 1989, p.7).

3. Paradigmes et trajectoires technologiques

3.1. Les concepts fondateurs

Par analogie avec la définition de paradigme scientifique par Kuhn (1962), la notion de *paradigme technologique* est définie, dans ses contours⁸ (Dosi, 1982, 1988), « comme un modèle (un *pattern*) de solution de problèmes techno-économiques sélectionnés, basé sur des principes hautement sélectionnés, dérivés des sciences naturelles conjointement avec des règles spécifiques conçues pour acquérir de nouvelles connaissances, et les sauvegarder, autant que possible, contre une diffusion rapide aux concurrents ».

De même que le paradigme scientifique, un paradigme technologique détermine le domaine d'investigation, les problèmes, les procédures et les tâches (les « puzzles » selon Kuhn) à mettre en œuvre. Ce qui conduit à distinguer différents paradigmes en relation avec un ensemble de technologies associées (ou *clusters*, selon Dosi, 1982) : par exemple, technologies du génie mécanique, technologies de la microélectronique, dont Dosi (1988) fait apparaître qu'elles mobilisent des combinaisons différentes de connaissances codifiées et/ou publiques et de connaissances engendrées par les firmes.

⁷ Et résumée par Dosi (1982, 1984).

⁸ Ces derniers diffèrent toutefois selon que l'on se réfère aux visions plus technologiques (1982) ou plus économiques (1988) mises en avant par cet auteur.

De même que la *science* représente la réalisation d'une promesse contenue dans le paradigme scientifique, le *progrès technique* procède d'un paradigme technologique donné. On appelle *trajectoire technologique* le pattern « normal » (Dosi, 1982) de résolution de problème prenant racine dans un paradigme technologique donné et, donc, circonscrit par la nature de ce paradigme. Ce qui revient à admettre, dans le champ technologique, l'existence de schèmes d'investigation similaires à ceux d'heuristique positive (sentiers de recherche à poursuivre) ou négative (voie de recherche à éviter) dans le champ scientifique, selon la distinction opérée par Lakatos. De là, l'idée qu'un paradigme technologique comporte des prescriptions fortes concernant les orientations à donner au changement technologique et, donc, des recommandations tout aussi claires vis-à-vis de l'élimination des directions à ne pas suivre.

En dépit des similitudes que présentent les mécanismes et les procédures des démarches scientifiques et technologiques, cette analogie ne doit cependant pas être traduite en termes d'identité. Dès le départ, il est en effet précisé que l'hétérogénéité même des problèmes à résoudre confère aux paradigmes technologiques une moindre cohérence interne, que les solutions n'y sont pas répertoriées et classées de manière aussi systématique et codifiée. De ce fait la notion de paradigme technologique doit être saisie plutôt comme une « approximation » (Dosi, 1982). Il en est de même des trajectoires technologiques dont la détermination résulte de dispositifs de sélection (*selective devices*, ou *focusing devices*, selon Rosenberg, 1976) complexes mêlant intimement arguments technologiques, économiques, organisationnels et institutionnels. Autrement dit, au sein de l'univers des possibilités de développement technologique, trajectoires notionnellement permises par la science, une première instance de sélection met en avant les possibilités de conversion des connaissances en applications marchandes. Le processus de sélection et d'arbitrage faisant jouer de plus en plus strictement les critères économiques, un sentier de développement technologique est progressivement et précisément défini, sachant que les rétroactions amont (remontées de spécifications vers la science) contribuent à renforcer la *trajectoire réelle*.

Les paradigmes technologiques étant centrés sur la dynamique technologique, ils ont été fréquemment accusés de se limiter aux déterminants de type « science push » et d'oublier les déterminants de type « demand pull » (Von Tunzelmann et al., 2008). Avec Cohendet et Gaffard (1991), il est alors tentant de suggérer que le paradigme renvoie à l'innovation majeure (ou d'impulsion), tandis que la trajectoire serait assez similaire aux innovations mineures (ou induites).

Se démarquant de cette vision quelque peu schématique et répondant à ces critiques, Dosi et Nelson, dès 1994, mettent en exergue la double nature des paradigmes et des trajectoires technologiques. Ainsi, la notion de paradigme technologique essaie de rendre compte simultanément de la nature des connaissances technologiques, de laquelle dérive le processus d'innovation, et des procédures organisationnelles mobilisées pour rechercher et produire de la nouveauté. Quant à la trajectoire technologique, elle décrit les processus d'améliorations relatifs à une technologie, et représente, par conséquent, un arbitrage constant entre conceptions techniques, perceptions du marché et opportunités rentables d'améliorations techniques. Ainsi, la littérature développée ultérieurement (Arena et Lazaric, 2003) atteste des nuances apportées aux définitions initiales, en même temps que d'un considérable effort pour illustrer empiriquement les concepts. Ce qui conduit Teece (2008) à dresser un bilan positif de l'impact du « cadre éclectique » de Dosi, que ce soit vis-à-vis de la gestion des entreprises ou de l'orientation des politiques publiques. En outre, le concept de paradigme technologique restant sous-exploité, il mérite à son sens d'être davantage utilisé. Il n'en demeure pas moins que la notion de paradigme, du fait de l'attention portée aux technologies spécifiques à des

secteurs (chimie, textile ou microélectronique), relève souvent davantage de la dimension technologique que de la dimension économique, en dépit du fait que l'on reconnaisse la prégnance de cette dernière dimension.

Au-delà des tentatives de conceptualisation précédentes, les trajectoires technologiques sont susceptibles d'être caractérisées dans les termes suivants. Ainsi, elles peuvent être plus ou moins puissantes ou plus ou moins bien circonscrites, en relation notamment avec le pouvoir d'exclusion dont chacune est porteuse. Ces éléments conduisent alors à faire apparaître, qu'une fois un sentier sélectionné et établi, il poursuit sa propre progression selon une logique autonome qui contribue à définir les orientations futures données aux activités de résolution de problèmes. De là, la mise en évidence de *trajectoires technologiques naturelles* traduisant la prégnance et la permanence d'arguments économiques tels que la recherche de l'exploitation d'économies d'échelle latentes d'une part, et la mécanisation croissante des opérations d'autre part (Nelson et Winter, 1977). Toutefois, la logique des trajectoires particulières n'est jamais réductible à ces logiques générales (Cohendet et Gaffard, 1991, p. 948). En tout état de cause, on mettra l'accent sur le fait que, le long des trajectoires, la diffusion des innovations se réalise selon un processus de dépendance de sentier (*path dependancy*), *via* les rendements croissants d'adoption (voir Cahiers du GREThA, 2009-16). Les trajectoires technologiques ne sont pas pour autant indépendantes, en raison des complémentarités inhérentes aux différentes formes de connaissance, d'expérience ou de compétences. Ainsi, le manque ou l'absence de développement d'une technologie associée à un paradigme donné, peut avoir des effets sur le développement de trajectoires technologiques se rattachant à un autre paradigme.

3.2. Variété des trajectoires sectorielles versus évolution des industries

La richesse de la littérature empirique développée sous l'égide de la représentation paradigmatique montre qu'il a constitué une heuristique mobilisatrice, les travaux empiriques ayant en retour produit des taxonomies et des généralisations inductives qui ont permis une progression conceptuelle, notamment *via* le recours à des modèles de simulation. N'ayant jamais été mises en œuvre par une école proposant un corps de doctrine normatif, les recherches ont été menées avec une grande ouverture de vues mais en ordre relativement dispersé. Ainsi, alors que certaines ont ambitionné de valider la démarche précédente dans son entier, d'autres se sont focalisées sur l'illustration de la pertinence d'un concept ou sur son dépassement. Globalement, les recherches peuvent être classées en deux grandes catégories : d'une part, des études à vocation plus structurelle, se préoccupant de la variété des paradigmes et trajectoires sectorielles ; d'autre part, des études à vocation plus historique, se préoccupant des invariants sectoriels conduisant l'évolution des industries.

Les travaux appartenant au premier groupe, essentiellement fondés sur des études de cas et des monographies sectorielles, sont illustrés par un nombre croissant d'études dont il est impossible ici de faire état de manière exhaustive. On citera, tout d'abord, la très célèbre contribution de Pavitt (1984) dans laquelle l'auteur, partant d'une base de données étendue d'entreprises de Grande-Bretagne identifie trois déterminants des trajectoires technologiques – les sources de la technologie (internes /externes), les exigences des clients (prix/qualité et performances du produit), le mode d'appropriation des résultats de l'innovation (techniques/non techniques) – dont la combinaison permet d'aboutir à distinguer quatre groupes de secteurs : ceux qui sont dominés par les offreurs, ceux des offreurs spécialisés, ceux dont les firmes relèvent de la production de masse et ceux qui sont basés sur la science. Bien que réducteur (Dosi, 1988b, p. 1149), l'exercice se révèle fructueux, notamment parce

qu'il suscitera de très nombreuses études visant soit à contester soit à approfondir les résultats initiaux⁹, ce qui sera également le cas de Pavitt. Entre autres, la taxonomie de Pavitt contribue à montrer que les technologies émergent de bases de connaissances très diversifiées et que la science est loin d'être la source essentielle du changement technique (Orsenigo, 1989, p. 202).

De nombreuses monographies sectorielles ont porté sur les industries que l'on qualifie généralement de « high tech ». La chimie a fourni l'illustration d'un paradigme en voie de recomposition sous l'impulsion des biotechnologies. On citera dans ce domaine les études menées par Orsenigo (1989), Gambardella (1992), Balmer et Sharp (1993), Bottazzi et al. (2001). A l'appui de la thèse de l'émergence d'un paradigme des technologies de l'information et de la communication, figurent notamment les travaux de Malerba (1992b) et Freeman et Louça (2001). Ultérieurement, l'intérêt s'est déplacé vers d'autres secteurs, en particulier l'agriculture que son statut de secteur primaire écartait jusqu'alors de toute référence « industrielle ». D'où, des recherches qui ont tenté une approche évolutionniste de l'innovation technologique dans l'agriculture (Possas et al., 1996), puis la mise en relation de ce processus avec la dynamique des agro-industries (Chataway et al. 2004). Les services ont, à leur tour, été choisis comme objet d'études (Miles, 1994). Enfin, l'intégration dans un même cadre d'analyse des résultats de la quatrième enquête communautaire sur l'innovation (CIS4) dans les industries manufacturières et de services, a permis d'aboutir à la mise en évidence de nouvelles taxonomies, illustrant la variété des modèles d'innovation européens (Castelacci, 2008).

D'autres recherches, plus particulièrement centrées sur la dimension cognitive des processus d'innovation, ont mis en exergue la diversité intersectorielle découlant de la mobilisation différenciée de connaissances tacites ou non tacites (Senker, 1995). Le clivage tacite - non tacite a représenté également une dimension pertinente d'analyse des coopérations inter-firmes en R&D (Moati et Mouhoud, 1995). Une application de ce clivage à l'industrie pharmaceutique, Bélis-Bergouignan (1997) aboutit à montrer que les motifs et modalités de coopération les plus utilisées dans ce secteur recouvrent une stratégie de démultiplication (cognitive et spatiale) des compétences. De même l'étude de la variété des processus d'apprentissages, allant des procédures les plus formalisées associées aux recherches menées dans le cadre de laboratoires de R&D aux procédures les plus informelles de *learning by interacting*, a mis en lumière la spécificité de cartes cognitives sectorielles, en relation avec leurs bases de connaissances respectives (Lundvall, 1992). L'analyse comparative a également été développée par Carrincazeaux (1998) qui propose une taxonomie originale des activités de R&D en termes de complexités technologiques et combinatoires. La pertinence de ces critères a été illustrée par Bélis-Bergouignan et Carrincazeaux (2000) dans une étude comparative des trajectoires sectorielles en R&D des industries automobile et pharmaceutique.

Quant aux travaux à dominante historique, ils ont contribué à enrichir et nuancer les théories du cycle de vie des technologies en suggérant l'existence d'un modèle d'évolution des industries. Ce modèle a pour origine les travaux d'Abernathy et Utterback (1975) qui considèrent que la dynamique de maturation technologique et industrielle se concrétise par une évolution séquentielle : à la phase d'émergence, riche en innovations de produits, succède la phase d'amélioration des procédés de production, suivie de la phase de stabilisation du produit autour d'un design dominant, génératrice d'opportunités d'exploitation d'économies d'échelle latentes et, donc, de mécanisation croissante des process. Cette dynamique est source de profondes mutations structurelles : alors que dans la phase d'émergence les firmes

⁹ On peut *a posteriori* faire justice à la taxonomie de Pavitt de préfigurer la distinction de logiques sectorielles en fonction de « régimes technologiques » (voir infra).

sont de petite taille, et l'entrée de nouveaux concurrents relativement aisée, dès qu'un design dominant s'instaure, des barrières à l'entrée sont élevées par les firmes en place, conduisant progressivement *via* une capitalisation croissante à la structuration oligopolistique de cette industrie. L'analyse s'est par la suite trouvée enrichie et complétée par Abernathy et Clark (1988), qui prendront pour exemple l'industrie automobile, et Utterback et Suarez (1993). De leur côté, Cainarca et al. (1992) expliqueront, dans le cas des trajectoires de technologies informatiques, la propension des firmes à conclure des accords de coopération par la phase du cycle de vie technologique de l'industrie dans laquelle cet accord prend place.

L'ensemble de ces travaux a eu un impact ambigu. La pertinence des illustrations sectorielles de la dynamique d'innovation s'en est trouvée certes renforcée mais la référence aux concepts précédents a soulevé de nombreuses critiques portant, notamment, sur la délimitation et la dynamique d'un paradigme technologique. Ces questions renvoyaient essentiellement à la contradiction entre une vision de la dynamique fruit de ruptures successives entre paradigmes exclusifs les uns des autres – i.e. définis en termes de frontière technologique déterminée de manière exogène – et une vision plus « continuiste » (Jullien, 1999) remettant en cause le caractère exogène de la technologie.

Cette difficulté a conduit Teece (1986) à distinguer la phase pré-paradigmatique (*preparadigmatic design phase*), durant laquelle la concurrence au sein d'une industrie s'exprimerait essentiellement entre diverses options technologiques, de la phase paradigmatique proprement dite, au cours de laquelle, un design dominant ayant émergé, la compétition s'exprimerait en termes d'améliorations incrémentales, tandis que la concurrence par les prix reprendrait ses droits. La succession de paradigmes dans le temps serait donc assurée à travers l'alternance de ces deux phases, en relation avec l'épuisement – en termes d'exploitation économique – du design dominant. Dosi (1997) a proposé une réponse différente, fondée sur l'hétérogénéité foncière de la base de connaissances sous-tendant un paradigme donné : des éléments invariants, augmentant par progrès incrémentaux, se trouvent imbriqués avec des éléments provoquant des ruptures et des discontinuités, et donc porteurs à terme de l'émergence d'un nouveau paradigme. D'où, la persistance de technologies ou de produits inférieurs du point de vue de leurs caractéristiques intrinsèques dans un contexte de prix et de demande stabilisés et un mouvement continu de déstructurations - restructurations provoquant à terme une sorte de « basculement » dans le nouveau paradigme. Cette vision rejoignait les conceptions de Freeman (1988) pour qui la succession de paradigmes techno-économiques impliquait que le nouveau paradigme naisse dans un monde encore dominé par l'ancien et ne démontre de prime abord sa supériorité, si ce n'est dans un secteur ou un petit nombre de secteurs.

De nombreuses recherches empiriques se sont centrées plus particulièrement sur le concept de design dominant (Suarez, 2004). Mais cette littérature a révélé une grande diversité des déterminants respectifs des dynamiques technologiques et industrielles et de leurs niveaux d'analyse, ce qui a rendu difficile la construction d'un programme cohérent de recherche et a justifié l'appel à un effort de formalisation (Murmman et Frenken, 2006). Dès lors, certaines recherches, réalisées dans le champ de l'évolutionnisme, ont mis en sommeil la référence à la notion de paradigme technologique et ont déplacé la problématique dans la direction, plus systémique, de la qualification de régimes technologiques. Ce positionnement a pu très récemment sembler dommageable à certains auteurs qui en appellent à un retour à un cadre analytique encore largement sous-exploité à leurs yeux (Von Tunzelmann et al., 2008).

4. Régimes technologiques et modèles d'innovation

La notion de régime technologique représente un outil important pour analyser et caractériser les modèles (*patterns*) d'innovation (Orsenigo, 1989). Si le concept de régime technologique a été présenté initialement par Nelson et Winter (cf. Cahiers du GREThA 2009-16), son développement est dû aux recherches menées par Malerba et Orsenigo (1993), puis par Breschi et al. (2000) qui le déclinent en quatre dimensions. Ainsi, chaque technologie, et par extension chaque industrie, peut être caractérisée par une combinaison singulière de bases de connaissances spécifiques, de sources et de degré d'opportunités technologiques, de conditions d'appropriabilité et de cumulativité des connaissances.

4.1. Les éléments constitutifs d'un régime technologique

La *base de connaissances* définit les sources cognitives et les procédures d'apprentissage mobilisées au cours du processus d'innovation. Ayant déjà noté la diversité des sources cognitives inhérentes à ce processus, selon qu'elles sont publiques ou privées ou que les connaissances sont plus ou moins codifiables, on rappellera ici le caractère nécessairement combinatoire de bases de connaissances données. Ainsi, le développement de telle ou telle technologie requiert une interaction plus étroite avec la science (c'est le cas actuellement des biotechnologies) alors que le développement de telle ou telle autre sera plutôt dépendant des relations entretenues avec les fournisseurs ou bien les clients, ou alors de sources cognitives acquises *via* l'expérience ou le développement de compétences internes. La diversité des disciplines de rattachement et les plus ou moins grandes difficultés d'accès aux sources du savoir sont également un facteur de complexification, l'architecture particulière de la base de connaissances qui en découle se traduisant, enfin, par une combinaison particulière de procédures d'apprentissage (par exemple, arbitrage réalisé entre R&D interne et apprentissages par l'usage). En définitive, chaque base de connaissances conférerait des degrés de liberté variables aux trajectoires d'innovation. Si, dans certains domaines les firmes jouissent d'une grande autonomie et peuvent donc mener des stratégies assez dissemblables, dans d'autres domaines, elles seront contraintes de suivre des cheminements assez similaires, par exemple sous l'emprise d'un *design dominant* (Abernathy et Utterback, 1978) ou *guide post technologique* (Sahal, 1993). Pour Cesaroni et al. (2001), prenant exemple sur la chimie, c'est plus précisément le processus croissant de codification et de transférabilité des connaissances qui explique la dynamique du système sectoriel et confirme donc le rôle central de la base de connaissances technologiques.

Les *opportunités technologiques* représentent la condition nécessaire mais non suffisante de l'innovation. Elles définissent l'éventail et les possibilités d'innovation compte tenu des ressources dépensées pour innover et du potentiel sectoriel d'innovation. En conséquence, plus les opportunités sont élevées, plus l'incitation à entreprendre une démarche de recherche et développement sera forte, ce qui ne préjuge pas des démarches qui seront effectivement mises en œuvre. Les opportunités technologiques ne sont pas purement exogènes et sont, pour partie induites par la mise en œuvre d'activités innovantes, pour partie générées par le contexte institutionnel (présence de structures de transfert, organisation des firmes en réseau). Défini en termes de généralité des applications possibles, de diversité des solutions technologiques envisageables et des sources de la technologie, le concept d'opportunités technologiques a été approché par des indicateurs, par exemple le degré de concentration industrielle, dont l'interprétation pouvait être biaisée (Carrincazeaux, 1998). Par la suite, Klevorick et al. (1995), à partir des données du Yale Survey de 1983-1984, en feront progresser la conceptualisation et la mesure en identifiant les trois sources différentes qui les alimentent : les avancées scientifiques et technologiques, les avancées technologiques

réalisées dans d'autres industries ou dans d'autres institutions privées ou publiques, et, enfin, les feedbacks provenant d'avancées technologiques réalisées antérieurement dans l'industrie concernée. Ils aboutissent à l'idée que le niveau d'opportunité est d'autant plus élevé que les sources sont variées : ainsi, la construction aéronautique ou l'industrie pharmaceutique bénéficient de fortes opportunités tandis que la fabrication métallique ne bénéficie que de faibles opportunités. Plus récemment, Corrocher et al. (2007) analysent les modèles d'innovation dans le champ des TIC à partir d'une base originale de brevets et de citations de brevets. Leur recherche montre que les applications dans le domaine des TIC relèvent de deux classes distinctes : en termes de sources de la connaissance (opportunités technologiques), de croissance et de structure des activités d'innovation et de capacité des technologies à se diffuser (*pervasiveness*). Les applications ayant de fortes opportunités technologiques sont caractérisées par un fort taux de croissance des brevets, un fort taux d'entrées technologiques et un fort degré de concentration des activités technologiques des firmes (et réciproquement pour les applications à faibles opportunités technologiques).

L'*appropriabilité technologique* se réfère au degré et aux formes d'appropriabilité des revenus issus de l'innovation, les brevets ne représentant qu'une forme de protection parmi d'autres (barrières technologiques ; secret ; maîtrise des délais), et pas nécessairement la plus efficace. Les études empiriques (notamment Levin et al., 1987 ; puis, Malerba et Orsenigo, 1990) montrent que les conditions d'appropriabilité diffèrent fortement d'un secteur à l'autre du fait de leur double dimension. Si la dimension technique intervient indubitablement (la chimie et la pharmacie ont, par exemple, une propension plus élevée que d'autres industries à breveter leurs produits, du fait de la forte imitativité de ces derniers), la nature de la base de connaissances et les processus d'apprentissages (Malerba et Orsenigo, 1990) mais aussi les conditions économiques et institutionnelles influencent considérablement les conditions d'appropriabilité prévalant dans telle ou telle industrie.

La *cumulativité* de l'innovation ou persistance de l'innovation renvoie à l'idée que le changement technique se construit de manière continue et incrémentale à partir du savoir existant. La cumulativité est liée à la nature intrinsèque du processus cognitif et aux propriétés des bases de connaissances. Elle découle aussi des avantages acquis par les firmes innovantes vis-à-vis de nouveaux entrants qui sont des innovateurs potentiels, les effets d'échelle, les indivisibilités de l'équipement et des technologies et les apprentissages incorporés dans les compétences jouant comme des barrières à l'entrée. Observable au plan microéconomique, par exemple chez les firmes résolument engagées dans une démarche innovante, elle l'est aussi au plan sectoriel, en dépit de l'implication inégale des firmes dans une telle démarche (Orsenigo, 1989). Dans ce cas, les firmes peu innovantes bénéficient en effet des retombées des innovations réalisés par les acteurs les plus dynamiques, notamment lorsque l'imitation est aisée ou lorsque des organismes d'interface ou de transfert de technologie ont été mis en place. Brusoni et Geuna (2003), enfin, mettent en exergue que les performances sectorielles en matière d'innovation sont liées à la co-présence de la persistance (cumulativité de la spécialisation) et de l'intégration (diversification des types de compétences en R&D) des bases de connaissances sectorielles.

4.2. L'identification de modèles d'innovation

Un régime technologique étant défini par la combinaison spécifique des quatre dimensions précédentes, la problématique de la diversité intersectorielle des modèles d'innovation se ramène donc, dans le cadre de cette représentation conceptuelle, à la mise en évidence de types différenciés de régimes technologiques (et d'apprentissage) expliquant la diversité des modèles d'innovation. Ainsi, Orsenigo (1989) met-il en œuvre ce programme de recherche pour appréhender les modèles d'innovation des biotechnologies, dont les évolutions sont déterminées, en premier lieu mais non exclusivement¹⁰, par la nature de son régime technologique : de très hautes opportunités technologiques, la nouveauté de la base de connaissances (fort enracinement scientifique et forte aptitude à la diffusion), sa variété et sa complexité expliquant l'implication de nombreuses firmes dans ce domaine, y compris de la part de nouveaux entrants ayant la possibilité de choisir différentes niches technologiques et économiques. Le renforcement de la concurrence, du fait du besoin d'intégration de fragments de savoir disparates, y a suscité simultanément des coopérations inter-firmes, d'où une division du travail complexe, ne suivant pas la ligne traditionnelle de partage entre firmes installées et nouveaux entrants. Ultérieurement, Malerba et Orsenigo (1993) infléchiront le programme de recherches initial en l'orientant vers une prise en compte croissante des mécanismes d'apprentissage (par la recherche, par la pratique ou externe), dont ils feront l'une des clés d'explication de la diversité intersectorielle.

Se réclamant de l'obédience et de la tradition schumpétériennes, la mise en évidence de régimes technologiques s'est notamment référée (Breschi et al., 2000) à la distinction fondatrice entre le modèle Schumpeter Mark I et le modèle Schumpeter Mark II¹¹. Le régime Schumpeter Mark I de 'destruction créatrice' est fondé sur le rôle moteur joué par de petites firmes innovantes dans un contexte d'absence de barrières technologiques à l'entrée. Le modèle entrepreneurial d'innovation qui lui correspond est caractérisé par *l'élargissement* simultané des activités d'innovation et de la base de connaissances et l'érosion des quasi-rentes et des avantages compétitifs des firmes déjà installées. Par opposition, le régime Schumpeter Mark II 'd'accumulation créatrice' est fondé sur la prévalence de grandes firmes déjà installées et la présence de barrières à l'entrée élevées. Il est soutenu par un modèle d'innovation de type routinier qui procède par *approfondissement*, c'est-à-dire par une accumulation continue des compétences technologiques et d'innovation *via* la recherche et développement menée par quelques firmes dominantes. Et, de fait, parce qu'il représente un outil passible d'appréhensions empiriques, ce clivage a donc permis de concrétiser les théories évolutionnistes, la notion ayant été utilisée dans de nombreuses études visant à mettre en exergue les différences intersectorielles de patterns d'innovation. En dépit de résultats assez cohérents, on peut regretter, toutefois, que son utilisation n'ait pas toujours été fidèle à l'esprit qui animait la démarche. Si la vérification empirique des archétypes schumpétériens a depuis l'origine été au cœur de l'économie de l'innovation, les approches traditionnelles se sont longtemps focalisées sur la vérification de relations causales entre innovation et structures de marché¹², ce qui a contribué à accréditer une image assez réductrice d'une démarche pourtant conçue pour une utilisation plus globale.

¹⁰ Orsenigo met notamment en exergue que le modèle d'innovation est également formaté par le niveau initial et la distribution des compétences technologiques et par le contexte institutionnel (p. 197).

¹¹ Les labels Schumpeter Mark I et Mark II ont été, notamment, introduits par Nelson et Winter (1982) pour caractériser les modèles d'innovation proposés par Schumpeter.

¹² Nombre d'auteurs en ont fait une utilisation tronquée et orientée par un fort déterminisme technologique, les conditions d'appropriabilité et d'opportunité technologiques étant par exemple mobilisées à la seule fin d'expliquer le taux de croissance de l'innovation d'une industrie donnée (Orsenigo, 1989).

Certains travaux se sont concentrés plus particulièrement sur la relation entre modèles d'innovations (entrées et sorties technologiques, concentration des activités d'innovation et stabilité et hiérarchie des innovateurs) et dimensions des régimes technologiques (et d'apprentissages) (Breschi et al., 2000). Les conjectures testées se résument comme suit. En ce qui concerne *les entrées et sorties technologiques*, toutes choses égales par ailleurs, elles sont élevées en présence de hautes opportunités technologiques (et, réciproquement, si les opportunités sont faibles) et si le degré de cumulativité de la base de connaissances est faible (réciproquement, s'il est élevé). Conséquence des conditions précédentes, un haut degré d'opportunités se traduira par une réduction de la concentration industrielle (réciproquement, en cas de faibles opportunités technologiques). Toutes choses égales par ailleurs, un degré élevé d'appropriabilité et de cumulativité aura pour incidence une augmentation de la *concentration de l'industrie* (et réciproquement). L'accessibilité des connaissances dépendra quant à elle de la capacité d'absorption des firmes existantes, sachant qu'en principe elle est plutôt facteur de dispersion que de concentration. Enfin, la *stabilité de la hiérarchie des innovateurs* est supposée réagir positivement à l'appropriabilité et à la cumulativité, et négativement aux opportunités technologiques.

Le travail fournit des estimations empiriques (données d'entreprises et de classes technologiques) des relations entre les indicateurs des deux régimes schumpétériens et les indicateurs relatifs aux régimes technologiques. Il aboutit à la confirmation d'un lien fort entre les modèles sectoriels d'innovation et les régimes technologiques qui les sous-tendent. En particulier les modèles Mark II, caractérisés par de hauts niveaux de concentration des activités d'innovation, une forte stabilité de la hiérarchie des innovateurs et une faible représentation de nouveaux innovateurs, sont corrélés avec un haut degré de cumulativité et d'appropriabilité, une grande importance de la relation à la science et une faible importance des sciences appliquées comme sources de l'innovation. Réciproquement, les régimes Mark I, caractérisés par une faible concentration des activités d'innovation, une faible stabilité de la hiérarchie des innovateurs et une forte importance des nouveaux innovateurs, sont corrélés avec des faibles degrés de cumulativité et d'appropriabilité, une grande importance des sciences appliquées et un rôle croissant des sources externes de savoir.

Dans la continuité des travaux précédents, Marsili (2002) se focalise plus particulièrement sur deux questions concernant la relation entre technologie et entrée innovatrice : la première porte sur la plus grande aptitude des firmes entrepreneuriales (régime Mark I) à acquérir et développer des compétences technologiques dans des domaines caractérisés par une haute opportunité technologique ; la seconde porte sur le degré selon lequel la base de connaissances sous-jacente détermine l'aptitude relative des firmes entrepreneuriales et des firmes installées (régime Mark II ou routinier) à s'approprier une technologie. Utilisant des statistiques de brevets, l'étude met en exergue que l'arbitrage opéré au sein d'une industrie entre régime entrepreneurial et routinier est déterminé dans une large mesure par la nature des connaissances technologiques nécessaires à l'activité inventive. La diversité sectorielle du changement technique se traduit en termes de typologie de régimes technologiques suivant en cela la tradition ouverte par Pavitt (1984), puis développée par Malerba et Orsenigo (1996). L'étude aboutit à en distinguer cinq : le régime fondé sur la science (pharmacie et électronique) ; le régime des process de base (chimie, pétrole) ; le régime complexe (aérospatiale et automobile) ; le régime d'ingénierie de produit (instrumentation et machinisme non-électrique) ; le régime de process continu (métallurgie, matériaux de construction, industries chimiques de process, textile, papier etc.). Le comportement entrepreneurial apparaît comme fortement dépendant du contexte technologique, ce dernier contraignant l'entrée entrepreneuriale dans l'industrie : les nouvelles technologies ne créent pas toujours de fortes opportunités, sachant que la nature du

savoir influence lesdites opportunités et que l'avantage innovatif conféré aux nouveaux entrants vis-à-vis des firmes installées varie considérablement selon les domaines technologiques. De ce fait, la technologie contribue à façonner la nature de la compétition technologique et, en retour, les modèles de dynamique sectorielle.

Si les régimes technologiques définissent un cadre conceptuel préliminaire des déterminants et procédures du changement technique mettant en exergue les grandes régularités qui affectent les modèles d'innovation sectoriels, ils présentent souvent le défaut de faire l'impasse sur la diversité des comportements des innovateurs (firmes) et sur les relations qu'ils entretiennent et mobilisent avec l'ensemble des acteurs de l'industrie et de l'économie tout entière pour mener à bien leurs projets innovants. D'où son élargissement, réalisé par l'approche menée en termes de Systèmes Sectoriels d'Innovation et de Production (SSIP).

5. La diversité des Systèmes Sectoriels d'Innovation et de Production (SSIP)

Au cours de la dernière décennie, la notion de système d'innovation a émergé comme objet de recherche et mode d'appréhension de réalités complexes. Ce concept a été décliné selon trois perspectives : nationale, régionale ou sectorielle. La notion qui nous intéresse ici, celle de système sectoriel d'innovation et de production (SSIP), peut être définie, avec Breschi et Malerba (1997) (puis Malerba (2002)) comme

un système (groupe) de firmes actives à la fois en matière de conception et de fabrication des produits d'un secteur donné et en matière de création, de développement et d'utilisation des technologies de ce secteur ; un tel système de firmes est intégré de deux manières : soit à travers des processus d'interaction et de coopération visant la création et le développement de technologies et de produits soit à travers des processus de compétition et de sélection relatifs aux activités d'innovation et au positionnement de marché.

Outre cette définition, deux conceptions assez proches ont vu le jour au cours de la même période, mettant l'accent sur les interrelations entre éléments du système et envisageant l'innovation comme un processus de coévolution. Selon Geels (2004), elles se différencient cependant nettement. Alors que les SSIP sont plutôt focalisés sur les firmes, les *systèmes technologiques* (Carlsson, 1997) représentent des réseaux d'agents liés par une dynamique de connaissances et de compétences, tandis que les *grands systèmes techniques* (*Large Technical Systems* de Hughes, 1987) sont plutôt centrés sur les aspects matériels du système (technologies, infrastructures).

Des régimes technologiques aux systèmes sectoriels d'innovation et de production (SSIP), c'est donc le comportement des firmes et leur rapport aux autres firmes et aux diverses institutions (formelles et informelles) qui doit être pris en compte. Malerba présente les SSIP comme « le résultat collectif émergent de l'interaction et de la coévolution de ses éléments respectifs : les produits, les agents, les processus de connaissance et d'apprentissage, les liens et complémentarités entre technologies, inputs et demande, les processus d'interactions de marché et hors marché, les processus de compétition et de sélection et les institutions ». La constitution des SSIP recouvre donc l'articulation de trois moments : la dynamique de la base de connaissances et les processus d'apprentissages, centrés sur la construction des routines ; la dynamique institutionnelle des interactions marché et hors marché ; la dynamique de coévolution, propre au système, dans son ensemble.

5.1. De la base de connaissances à la construction des routines

Dans la plupart des travaux évolutionnistes, le lien entre l'évolution des régimes technologiques et la dynamique des marchés (industrielle) repose en grande partie sur les caractéristiques organisationnelles et comportementales des firmes (Dosi et Nelson, 1994). Ce sont en effet la base de connaissance, les complémentarités entre sources de la technologie et entre processus d'apprentissages d'un régime sectoriel donné qui affectent les compétences et les comportements et stratégies des firmes, c'est-à-dire leurs routines, notamment leur relation à leur comportement innovateur, schéma identifié en 1993 par Malerba et Orsenigo (1993), puis partiellement développé par Marsili (2002).

Puisque la technologie, loin d'être un bien libre, comporte un aspect d'apprentissage fondamental, en raison du degré de savoir tacite qu'il comporte et selon les capacités de compréhension et d'adoption des firmes, il en résulte des asymétries fondamentales entre firmes, qui ne sont pas cernées par le cadre conceptuel précédent (Dosi, 1998). La diversité inter-firmes de la base de connaissances est à la base de la diversité des routines¹³, les processus d'apprentissage contribuant à renforcer et à faire évoluer cette base de connaissances le long de trajectoires spécifiques.

Les routines entrant en jeu dans la constitution - reproduction de compétences foncières (technologiques et organisationnelles) sont étroitement liées aux mécanismes de développement et d'accumulation du savoir (apprentissage) nécessaires à la *résolution de problèmes*. C'est là leur première dimension. Loin d'être univoque la relation qui lie les routines à la base de connaissances est complexe puisque les routines contribuent à façonner les opportunités et les contraintes technologiques. Du fait de la complexité de cette détermination, les firmes se positionnent différemment vis-à-vis d'une nouvelle technologie et adoptent une large gamme de stratégies en matière de renouvellement de leurs bases de connaissances. Ces différences sont partiellement le reflet de leurs trajectoires technologiques passées mais aussi de leurs structures organisationnelles et de la perception que les dirigeants se font des opportunités futures (Chataway et al., 2004). Par exemple, des firmes détenant des capacités dynamiques différenciées, combineront de manière spécifique démarches optimisatrices (rationalisatrices) et démarches stratégiques (Teece et al., 1997).

Etant encadrées dans une organisation, les routines affectent également les représentations que les acteurs se font du contexte sectoriel, et notamment des signaux émis par le marché : opportunités technologiques et leurs bénéfices escomptés, évolution de la demande pour les produits considérés et les produits concurrents, changements affectant les coûts, les prix et la profitabilité sur ce marché particulier (et les autres marchés) (Dosi, 1998). Les routines participent directement de la nature contradictoire du processus d'innovation : elles influencent à la fois le saut dans l'inconnu que représente ce processus mais elles renforcent également la dépendance de sentier qui est plutôt facteur d'inertie organisationnelle (Orsenigo, 1989, p. 207).

Les routines possèdent une seconde dimension. Outre leur dimension de résolution de problèmes, dans la mesure où elles émergent et sont implémentées dans des organisations composées de multiples agents dont les intérêts peuvent être divergents, elles représentent un *mécanisme de gouvernance*. Notamment, elles symbolisent des *trêves* (« truces », selon

¹³ Nelson et Winter (1982) distinguent trois types de routines : les procédures opérationnelles standard, les routines déterminant les comportements affectant la croissance et le déclin de la firme et les routines délibératives.

Nelson et Winter, 1982) chargées de la régulation du conflit intra-organisationnel¹⁴ susceptible d'émerger entre intérêts divergents. Ce faisant, elles maintiennent l'ensemble des membres de l'organisation dans le cadre du circuit routinier inscrit dans leurs répertoires (Mangolte, 1998). La prise en compte de cette seconde dimension, jusqu'alors négligée par le « main stream » évolutionniste, parce que focalisé quasi-exclusivement sur la dimension cognitive des routines, ouvre des pistes intéressantes, notamment celle de la mise en évidence des mécanismes de domination et de pouvoir imbriqués dans les routines : règles et conventions salariales et d'emploi, par exemple (Coriat et Dosi, 1998).

5.2. L'encastrement des interactions marché et hors-marché dans le contexte institutionnel

Les liens entre évolutionnisme et institutions sont traditionnellement reconnus comme profonds par les tenants de l'approche, mais la nature de ces liens est restée dans une grande mesure implicite, ce qui n'autorise pas à dire que les institutions sont absentes de l'évolutionnisme, même s'il est vrai que l'attention portée à cette dimension ne s'est véritablement et explicitement exprimée qu'assez récemment, et en réponse à un certain nombre de critiques externes (Nelson et Sampat, 2001). En effet, d'une part, le raisonnement repose sur un ensemble d'hypothèses qui supposent la présence d'institutions, la majeure partie des efforts ayant surtout porté sur les institutions qui sous-tendent le changement technologique. D'autre part, si les routines sont façonnées par les organisations qui les portent et les produisent, dans la mesure où ces organisations sont insérées dans un tissu socio-économique donné, les routines sont nécessairement influencées par le contexte économique, social et historique dans lequel ces organisations se sont développées.

La reconnaissance de l'encastrement dans le contexte institutionnel pose en premier lieu la question de la *délimitation des frontières d'un système sectoriel*. Un système sectoriel étant centré sur les firmes, dont on a précédemment défini les routines, sa délimitation passe par la mise en exergue des inputs, des technologies et des produits qui le caractérisent. On insistera simplement sur le fait qu'un secteur, loin d'être mono-technologie et mono-produit, est défini par « une matrice technologie-produit qui lie ses produits à une gamme de technologies » (Malerba, 2002). Au sein de cette matrice, la diversité des combinaisons est cependant loin d'être infinie et Patel et Pavitt (1994) font apparaître que la diversification des profils technologiques des grandes firmes appartenant à un système sectoriel donné est assez réduite. La problématique du produit renvoie à celle de la demande, les conditions de la demande, *via* le couplage avec les profils produits-technologies dominants d'un secteur, pouvant produire des effets structurants très significatifs en termes de différenciation des compétences, des comportements et des organisations. Notons que le fait que le *couplage demande – technologies – produits* joue comme une contrainte récurrente différenciant d'un secteur à l'autre n'est pas contradictoire avec l'hétérogénéité persistante des comportements innovatifs et organisationnels des firmes appartenant à un secteur donné. La délimitation des systèmes sectoriels est, enfin, close par la mise en évidence des complémentarités existant entre la demande, les technologies et les activités. Des complémentarités statiques s'expriment à

¹⁴ "Conflict, both manifest and latent, persists, but manifest conflict follows largely predictable paths and stays within predictable bounds that are consistent with the ongoing routine. In short, routine operation involves a comprehensive truce in the intra-organizational conflict. There is a truce between the supervisor and those supervised at every level in the organizational hierarchy: the usual amount of work gets done, reprimands and compliments are delivered with the usual frequency, and no demands are presented for major modifications in the terms of the relationship. There is similarly a truce in the struggle for advancement, power, and perquisites among high-level executives..." (Nelson et Winter, 1982, p. 110)

travers les échanges inputs-outputs, tandis que des complémentarités dynamiques se manifestent à travers les interdépendances et les feedbacks entre demande et production.

Ainsi, les firmes qui représentent les éléments clés des systèmes sectoriels sont en *relation avec d'autres firmes* dans la mise en œuvre de leurs activités d'innovation, de production et de commercialisation, ce qui indique que l'on doit considérer les *utilisateurs* et les *fournisseurs* comme faisant partie intégrante d'un système sectoriel. C'est dans cette perspective que Bélis-Bergouignan et Carrincazeaux (2000) tentent de définir des trajectoires sectorielles. Les critères essentiels pour appréhender la question sont de deux ordres. Le premier renvoie à la prise en compte des sources de l'innovation, qui peut être approfondie par l'identification d'*interfaces critiques*¹⁵ dans la gestion de la tension entre accumulation interne des compétences et apprentissage externe. Ces interfaces, qui définissent les moments clés de la recherche, représentent des lieux de résolution de problèmes à différents stades du processus d'innovation au cours desquels la coordination et l'apprentissage interactif déterminent l'orientation et l'avancement du projet. Au sein de ces interfaces critiques, les interactions nécessaires déterminent un besoin de proximité plus ou moins intense, qui dépend du type de savoir créé et de la complexité des connaissances en jeu. D'où, le deuxième ordre de critères qui renvoie au degré de complexité du savoir distinguant la complexité technologique (fréquence de renouvellement de la base de connaissances) de la complexité combinatoire (dimension organisationnelle de la coordination). Sachant que les relations de proximité apparaissant au niveau des interfaces critiques dépendent de l'intensité des complexités combinatoires et technologiques, on peut en déduire des trajectoires sectorielles différenciées.

Outre les relations verticales, de nombreux travaux se focaliseront sur la montée des relations horizontales inter-firmes comme symptômes de la transformation des systèmes sectoriels. Ainsi, Orsenigo et al. (2001), et suite aux travaux de Hagedoorn (2002), dans le cas de l'industrie pharmaceutique, montreront que la configuration spécifique des relations en réseaux est la conséquence de complémentarités entre les caractéristiques de la base de connaissances, les modalités dominantes d'apprentissage, les technologies de base et les caractéristiques de la demande. Dans une perspective plus proche de la théorie du cycle de vie, Hobday (1994), dans le cas des semi-conducteurs, avait montré que la configuration en réseaux, du type Silicon Valley, loin d'être un nouveau modèle d'organisation ne représente qu'un réseau d'innovation adapté aux stades de l'émergence industrielle.

On doit également prendre en compte le fait que le contexte institutionnel détermine la configuration d'un système sectoriel par le biais des processus de *mise en relation science - industrie*. Ce qui implique qu'un système sectoriel inclut d'autres agents que les firmes, c'est-à-dire des *institutions formelles* : les universités, les laboratoires de recherche mais aussi les collectivités publiques, les groupes d'intérêts, les responsables de la politique industrielle. Si le modèle de liaison en chaîne a surpassé le modèle linéaire de l'innovation, marquant ainsi que la science fait partie du processus mais n'en représente pas forcément la séquence initiale, il est aujourd'hui nécessaire de prendre en compte la dimension interactive de l'innovation et les contextes institutionnels où s'insèrent les différents processus d'apprentissages (Caraça et al., 2008).

En outre, les relations avec *les institutions informelles* affectent le dynamisme industriel. Ces institutions incluent les routines, les habitudes communes, les croyances, les

¹⁵ Sept interfaces critiques sont identifiées : avec la science, avec la R&D externe publique, avec la R&D externe privée, avec les sources internes : soit la R&D, soit la production, avec les relations verticales : soit avec les utilisateurs soit avec les fournisseurs.

normes, les règles, les standards etc. Elles sont définies à des échelles spatiales différentes : nationales, régionales ou sectorielles, ce qui indique que la dynamique sectorielle sera différemment affectée par ces institutions selon les interactions existantes entre ces différents niveaux. Ainsi, Bélis-Bergouignan et Montalban (2006) montrent que le système pharmaceutique français a du mal à s'inscrire dans la révolution des biotechnologies, notamment du fait de la prégnance de structures, comportements et régulations nationales acquises dont l'action est entravée¹⁶ par les mutations en cours.

Enfin, la caractérisation d'un système sectoriel doit prendre en compte le jeu, sectoriellement différencié, de deux mécanismes déterminant l'hétérogénéité des firmes appartenant à un même système sectoriel : le processus de *création de variété* (nouveaux agents, nouveaux produits etc.) plutôt facteur d'hétérogénéité et le processus de *sélection* (concurrence) plutôt réducteur d'hétérogénéité (Malerba, 2002). Ces deux processus, dont on peut considérer qu'ils représentent également des institutions affectant la marche d'un système donné, affectent la dynamique sectorielle et sont largement responsables de sa différenciation selon les secteurs.

En fin de compte, la reconnaissance du rôle des institutions, formelles et informelles, peut être considérée de deux points de vues différents dénommés, avec un brin de réductionnisme par Coriat et Dosi (1998), 'institutionnalisme faible' ou 'institutionnalisme fort'. Le premier schème renvoie à la vision des institutions comme des paramètres invariants, des entités dérivées, fournissant le contexte de réalisation des projets des agents et donc, permettant de mettre en œuvre les coordinations utiles et les fonctions de gouvernance viabilisant les stratégies de firmes. Le second schème, par opposition, postule que les institutions sont premières, c'est-à-dire qu'elles façonnent les comportements individuels, notamment cognitifs, et, de là, les formes de rationalité et les perceptions de l'intérêt individuel, pour aboutir à une marche largement inintentionnelle des processus collectifs, que leur dépendance du sentier écarte de l'efficacité.

Bien que la démarche évolutionniste se rattache plutôt à la première forme, faute d'avoir accordé suffisamment d'attention aux institutions pour elles-mêmes, ses hypothèses fondatrices ne lui imposent pas de rester figée dans cette attitude pas plus qu'elles ne lui interdisent de reconnaître aux institutions un rôle plus actif. Dans ses écrits les plus récents, (Nelson (2008) plaide d'ailleurs en faveur d'une analyse cohérente des relations existant entre institutions, dont la définition est élargie à la notion de 'technologies sociales', changement institutionnel et avancées technologiques. Quelques années auparavant, prenant appui sur le fait que les régimes technologiques sont fondés sur l'identification d'une communauté de destins, Larrue (2000 et 2004) se saisissait de cette fenêtre d'opportunité pour proposer un renversement de la problématique la plus courante : au lieu d'aller des caractéristiques technologiques aux stratégies sectorielles, il pose dans ces recherches la question de savoir « quelles stratégies vont permettre collectivement de modifier ces caractéristiques (technologiques) sous-jacentes ? » Le cas retenu, celui du PNGV (Partnership for a New Generation of Vehicle) permet d'explorer la pertinence des consortiums de recherche (concernant les technologies de batteries pour véhicule électrique) comme forme organisationnelle permettant de résoudre collectivement les deux arbitrages exploration/exploitation et incitation/diffusion, véritables leviers d'action sur les conditions d'opportunité et d'appropriabilité des régimes technologiques.

¹⁶ Et entrave en retour...

5.3. La coévolution dynamique des innovations, des organisations et des institutions

La valorisation du concept de coévolution remonte, en premier lieu, à la double reconnaissance de l'importance de la technologie et de la demande (Dosi, 1982), mettant fin au débat stérile qui avait longtemps opposé les tenants du « technology push » à ceux du « demand pull ». Ce qui n'a pas empêché que les visions adoptées soient encore assez dichotomiques, puisque relevant davantage de l'alternance que de la coévolution. C'est ainsi, que Dosi (1988c, p. 128) distingue les périodes « normales », au sein d'un paradigme existant, où les trajectoires technologiques seraient impulsées par l'aiguillon de la demande, des périodes exploratoires, où le contexte hors-marché jouerait un rôle prépondérant dans la mesure où la demande ne constituerait pas une incitation réelle.

Plus récemment, Gilsing et Noteboom (2004), prenant à nouveau exemple sur les biotechnologies de la santé, démontrent que la coévolution peut être entendue en termes d'articulation dynamique de phases d'exploitation (i.e. l'utilisation efficace des actifs courants et des compétences nécessaires à la survie de court terme) et de phases d'exploration (i.e. le développement de compétences nouvelles permettant la viabilité à long terme). Ce qui marque une progression vers une problématique plus systémique en dépit du fait que le propos reste assez focalisé.

En réalité, à l'heure actuelle, existent de multiples manières de concevoir la coévolution (Geels, 2004). Parmi les plus usitées, on citera ici la coévolution entre technologies et utilisateurs (Lundvall, 1992), entre technologie, structure industrielle et institutions responsables des politiques publiques (Nelson, 1994) ou encore entre science, technologies et marchés (Callon, 1991). Ces trois visions, pour intéressantes qu'elles soient, ont le défaut de proposer une appréhension partielle d'un système sectoriel, restant grandement cantonnée dans la sphère économique.

Pour les tenants d'une vision plus globale, comme Edquist (1997), elle est la « coévolution dynamique du savoir, des innovations, des organisations et des institutions ». Quelles que soient l'amplitude des options choisies, elles renvoient essentiellement à l'idée que tout changement se produisant dans un domaine du système sectoriel affecte la dynamique d'ensemble, cette dernière étant déterminée par la façon dont chaque domaine évolue, mais aussi par la façon dont les différents domaines sont couplés les uns avec les autres. L'existence de tels mécanismes de bouclage, au sein desquels les organisations et institutions modifient les règles et la technologie sont, par exemple, présentes dans les travaux de Bitard (2001) et de Larrue (2000). Enfin, si la coévolution ne souscrit pas au déterminisme technologique, elle présente également l'avantage de ne pas tomber dans son symétrique, qu'est le déterminisme social.

Toutefois, coévolution ne signifie pas indétermination des processus ou relativisme absolu (Van den Ende et Dolfsma, 2002), contrairement à ce que de nombreuses recherches historiques, en allant dans les détails, peuvent conduire à penser. Autrement dit, la coévolution ne dispense pas de chercher des régularités ou des modèles plus généraux selon les secteurs. Ainsi, pour l'industrie informatique, les auteurs précédents valorisent l'idée que les technologies et la demande sont seulement des facilitateurs (*enablers*) de l'innovation d'une part et que, selon les périodes et les champs technologiques concernés, ils peuvent être des facilitateurs plus ou moins efficaces, notamment parce qu'il faut des acteurs et des institutions pour conduire les processus d'innovations. Outre le fait qu'ils doivent être rendus intelligibles au terme de la recherche du (ou des) facteur(s) le(s) plus influent(s) (qu'il

s'agisse de l'émergence d'un design dominant, ou de la prégnance des relations verticales ou de phénomènes de dépendance de sentier etc.), les processus de coévolution doivent nécessairement être spécifiés secteur par secteur.

Ce qui suppose d'intensifier les approches empiriques pour l'heure encore assez lacunaires, sachant que la modélisation sous la forme des *history friendly models* (Malerba et al., 1999) peut représenter une voie complémentaire d'appréhension des spécificités des processus de coévolution sectoriels. Malerba et al. (2008) fournissent une illustration de cette démarche pour les entreprises de l'industrie informatique. Les faits stylisés de l'évolution de l'intégration et de la désintégration verticales y sont approchés, notamment *via* l'influence des différences de développement des capacités de conception et de production de semi-conducteurs.

Références

- Abernathy, W.J., Clark, K. B. (1988). 'Comment établir une carte stratégique des innovations dans un secteur industriel ?'. In : *Recherche, Innovation, Industries (n° spécial), Revue Culture technique*, n°18, Paris, 40-54.
- Abernathy, W.J., Utterback, J. M. (1975). 'A dynamic model of process and product innovation'. *Omega*, 639-656.
- Abernathy, W.J., Utterback, J. M. (1978). 'Patterns of industrial innovation'. *Technology Review*, 81, 41-47.
- Arena, R., Lazaric, N. (2003). 'La théorie évolutionniste du changement économique de Nelson et Winter. Une analyse économique rétrospective'. *Revue économique*, 54, 2, mars, 329-354.
- Arrow, K. (1962). 'The economic implication of learning by doing'. *Review of Economic Studies*, 29.
- Balmer, B., Sharp, M. (1993). 'The battle for biotechnology: Scientific and technological paradigms and the management of biotechnology in Britain in the 1980s'. *Research Policy*, 22, 5-6, 463-478.
- Bélis-Bergouignan, M. C. (1997). 'Coopérations inter-firmes en R&D et contrainte de proximité : le cas de l'industrie pharmaceutique'. *Revue d'Economie Industrielle*, 81, 3ème trimestre, 59-76.
- Bélis-Bergouignan M. C., Carrincazeaux C. (2000). 'Proximité et organisation de la R&D dans les industries automobiles et pharmaceutique'. In : Gilly J. P., Torre A. (coord.), *Dynamiques de proximités*, L'Harmattan, Paris.
- Bélis-Bergouignan M. C., Montalban, M. (2006). 'L'industrie pharmaceutique face aux mutations', In : Colletis, G., Lung, Y. (coord.), *La France industrielle en question. Analyses sectorielles*, La Documentation Française, Paris, 93-108
- Bitard, P. (2001). *Pour une économie des TIC. Une approche conventionnaliste de l'appropriation des TIC en conception automobile*. Thèse sciences économiques, Université Montesquieu Bordeaux IV.
- Bottazzi, G., Dosi, G., Lippi, M., Pammolli F., Riccaboni, M. (2001). 'Innovation and corporate growth in the evolution of the dug industry'. *International Journal of Industrial Organization*, 19, 1161-1187.

- Breschi S., Malerba F. (1997). 'Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries'. In: Edquist C. (ed.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organisations*, Pinter Publishers, London, 130-156.
- Breschi, S., Malerba, F., Orsenigo, L. (2000). Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation. *Economic Journal*, 110(463), 388-410.
- Brusoni, S., Geuna, A. (2003). 'An international comparison of sectoral knowledge bases: persistence and integration in the pharmaceutical industry'. *Research Policy*, 32, 1897-1912.
- Cainarca, G. C., Colombo, M., Mariotti, S., (1992). 'Agreements between firms and the technological life cycle model: evidence from information technologies'. *Research Policy*, 21, 1, 45-62.
- Callon, M. (1991). 'Réseaux technico-économiques et irréversibilité'. In: Boyer, R., Chavance, B., Godard, O., (Eds), *Figures de l'irréversibilité en économie*. Paris, EHESS, 195-230.
- Carlsson, B. (1997). *Technological Systems and Industrial Dynamics*. Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London.
- Carrincazeaux, C. (1998). *L'organisation spatiale de la R&D. Dynamique industrielle de la proximité*. Thèse de Doctorat, Université Montesquieu Bordeaux IV.
- Caraça, J., Lundvall, B. A., Mendonça, S. (2008). 'The changing role of science in the innovation process: From Queen to Cinderella?'. *Technological Forecasting and Social Change*, xxx-xxx.
- Castellacci, F. (2008). 'Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation'. *Research Policy*, July 2008, 37, 6/7, 978-994.
- Cesaroni, F., Gambardella, A., Garcia-Fontes, W., Mariani, M. (2001). 'The chemical sectoral system. Firms, markets, institutions and the processes of knowledge creation and diffusion'. *LEM Working Paper Series*, 2001/17. Laboratory of Economics and Management Sant'Anna School of Advanced Studies.
- Chataway, J., Tait, J., Wield, D. (2004). 'Understanding company R&D strategies in agrobiotechnology: trajectories and blind spots'. *Research Policy*, 33, 1041-1057.
- Cohen, W. M., Levinthal, D. A., (1990). 'Absorptive capacity: a new perspective of learning and innovation'. *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.
- Cohendet, P., Gaffard, J. L. (1991). 'Innovation et entreprises'. In: Greffe, X., Reiffers, J. L., *Encyclopédie économique*, Chapitre 27, Economica, 935-975.
- Coriat, B., Dosi, G. (1998). 'The Institutional embeddedness of economic change: an appraisal of the 'evolutionist' and 'regulationist' research programmes'. In: *Institutions and Economic Change: New Perspectives on Markets, Firms and Technology*, Nielsen, K. and Johnson, B. (Eds), Edward Elgar Publishing, 3-22.
- Corrocher, N., Malerba F., Montobbio F. (2007). 'Schumpeterian patterns of innovative activity in the ICT field'. *Research Policy* 36 (2007) 418-432.
- Dosi, G., (1982). 'Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinant and direction of technological change'. *Research Policy*, 11, 147-162.

- Dosi, G., (1988a). 'The nature of the innovative process'. In : Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L., (Eds), *Technological change and Economic Theory*. Printer Publishers, London, 221-238.
- Dosi, G., (1988b). 'Sources, procedures and microeconomic effects of innovation'. *Journal of Economic Literature*, vol **XXVI**, September, 1120-1171.
- Dosi, G., (1988c). 'Institutions and markets in a dynamic world'. The Manchester School, Vol **56**, n°2, 119-146.
- Dosi, G. (1991). 'The research on innovation diffusion : An assessment'. In : *Diffusion of technologies and social behaviour*, Nakićenović an Grübler (Eds), Springer-Verlag, 179-208.
- Dosi G., (1997). 'Opportunities, Incentives and the Collective patterns of Technological Change'. *Economic Journal*, **107**, 1530-1547.
- Dosi, G. (1998). 'Institutions and markets in a dynamic world'. In : Dosi, G. (Ed), (2000), *Innovation, Organization and Economic Dynamics*. Selected essays. Edward Elgar Publishing, 593-620.
- Dosi, G., Nelson, R. R., (1994). 'An introduction to evolutionary theories in economics'. *Journal of Evolutionary Economics*, **4**, 153-172.
- Edquist, C. (1997). *Systems of Innovation : Technologies, Institutions and Organizations*. Londres, Pinter Publishers.
- Freeman, C., Louça, F. (2001). *As time goes by. From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*. Oxford University Press.
- Gambardella, A. (1992). 'Competitive advantages from in-house scientific research : the US pharmaceutical industry in the 1980s'. *Research Policy*, **21**, 5, 391-407.
- Geels, F. W. (2004). 'From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory'. *Research Policy*, **33**, 897-920.
- Gilsing, V., Noteboom, B. (2004). 'Co-evolution in innovation systems : the case of pharmaceutical biotechnology'. *ECIS Working Paper 04.09*, Eindhoven Centre for Innovation Studies, the Netherlands, 40 p.
- Hagedoorn, J. (2002). 'Inter-firms R&D partnerships : an overview of major trends and patterns since 1960s'. *Research Policy*, **31**, 477-492.
- Hobday, M. (1994). 'Innovation in Semi-conductor Technology : the limits of the Silicon Valley Network Model'. In : *The handbook of industrial innovation*, Dodgson, M., Rothwell, R., (Eds), Edward Edgar Publishing, 154-168.
- Hughes, T. P. (1987). 'The evolution of large technological systems'. In : Bijker, W. E., Hughes, T. P., Pinch, T. (Eds), *The social construction of technological systems : new directions in the sociology and history of technology*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 51-82.
- Jullien, B. (1999). 'Relativiser le statut de la rupture dans la théorie évolutionniste'. In : Baslé, M., Delorme, R., Lemoigne, J.-L., Paulré, B. *Approches évolutionnistes de la firme et de l'industrie*, l'Harmattan, Paris, 207-228.
- Johnson, B. (1992). 'Towards a new approach of national systems of innovation'. In : Lundvall B. A. (Ed), *National Systems of Innovation*. London : Francis Pinter, 23-44.

- Klevorick, A.K., Levin, R. C., Nelson, R. R. and Winter, S. (1995). 'On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities'. *Research Policy*, **24**, 185-205.
- Kuhn, T., (1962). *The structure of Scientific Revolutions*. Chicago University Press, Chicago.
- Larrue, P. (2000). *La coordination des activités de recherche et d'innovation dans les phases d'émergence : le cas des batteries pour véhicules électriques et hybrides*. Université Montesquieu Bordeaux IV.
- Larrue, P. (2004). 'Action collective et régimes technologiques dans les phases d'émergence : le cas du PNVG'. *Revue d'Economie Industrielle*, n°106, 2^{ème} trimestre, 31-48.
- Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R. R. and Winter, S. (1987). 'Appropriating the returns from industrial research and development'. *Brookings Papers on Economic Activity*, 783-820.
- Lundvall, B. A. (ed.) (1992). *National Systems of Innovation*. London : Francis Pinter.
- Malerba, F., (1992a). 'Learning by firm and incremental technical change'. *Economic Journal*, **102**, 845-59.
- Malerba, F., (1992b). 'The organization of the innovative process'. In : Rosenberg, N., Landau, R., Mowery, D. C., (1992), *Technology and the Wealth of Nations*, Stanford University Press, Stanford, California, 247-278.
- Malerba, F., (2002). 'Sectoral systems of innovation and production'. *Research Policy*, **31**, 247-264.
- Malerba, F. Nelson, R., Orsenigo, L., Winter, S., (1999). 'History friendly models of industry evolution : the case of the computer industry', *Industrial and Corporate Change*, **8**, 3-40.
- Malerba, F., Orsenigo, L. (1990). 'Technological Regimes and Patterns of Innovation: a Theoretical and Empirical Investigation of the Italian Case'. In : Heertje, A., Perlman, M., (Eds), *Evolving technology and market structure*, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Malerba, F., Orsenigo, L. (1993). 'Technological regimes and firm behavior'. *Industrial and Corporate Change*, **2**, 45-74.
- Malerba, F., Orsenigo, L. (1996). 'Schumpeterian patterns of innovation are technology specific'. *Research Policy*, **25**, 451-478.
- Malerba, F., Nelson, R., Orsenigo, L., Winter, S. (2008). 'Vertical integration and disintegration of computer firms: a history-friendly model of the coevolution of the computer and semiconductor industries'. *Industrial and Corporate Change*; April 2008, **17**, Issue 2, 197-231.
- Mangolte, P. A. (1998). *Le concept de "routine organisationnelle" entre cognition et institution*. Thèse sciences économiques, Université Paris-Nord - Paris XIII.
- Marsili, O. (2002). 'Technological regimes and sources of entrepreneurship'. *Small Business Economics*, 19(3), pp. 217 – 231.
- Miles, I. (1994). 'Innovation in services'. In : *The handbook of industrial innovation*, Dodgson, M., Rothwell, R., (Eds), Edward Edgar Publishing, 243-259.
- Moati, P., Mouhoud, E. M. (1995). 'La connaissance dans la dynamique des organisations productives'. *Colloque CEFI-GRASCE-GREQUAM-LEST*, Aix-en-Provence, 14-15 sept.

- Moati, P. (2008). 'La prospective sectorielle : les apports de l'approche évolutionniste', Management Prospective Editions, *Revue Management et avenir*, **3**, n°17, 205-233.
- Murmann, J.P., Frenken K. (2006). 'Toward a systematic framework for research on dominant designs, technological innovations, and industrial change', *Research Policy* **35**, 925-952
- Nelson, R. R. (1994). 'The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions'. *Industrial and corporate change*, **3**, 47-63.
- Nelson, R. R. (2008). 'What enables rapid economic progress: What are the needed institutions?', *Research Policy*, **37**, 1-11.
- Nelson, R. R., Sampat, B. N. (2001). 'Making sense of institutions as a factor shaping economic performance'. *Journal of Economic Behavior and Organization*, **44**, 31-54.
- Nelson, R. R., Winter, S. (1977). 'In search of a useful theory of innovation', *Research Policy*, **6**.
- Nonaka, I. and Takeuchi, H., (1995). *The Knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford : Basil Blackwell.
- Orsenigo, L. (1989). *The emergence of biotechnology. Institutions and markets in industrial innovation*. St Martin Press, NewYork.
- Patel, P., Pavitt, K. (1994). 'Technological competencies in the world's largest firms: complex and path-dependant but not too much variety'. *Research Policy*, **23**, 533-546.
- Pavitt, K. (1984). 'Patterns of technological change. Towards a taxonomy and a theory'. *Research Policy*, **16**, 6, 343-373.
- Perez, C. (2002). 'Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages', Cheltenham - Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- Perez, C. (2004). 'Finance and technical change: a long-term view', in: *The Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Polanyi, M. (1967). *The tacit dimension*. New York, Doubleday.
- Possas, M. L., Salles-Filho, S., Silveira (da), J. M. (1996). 'An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks'. *Research Policy*, **25**, 933-945.
- Rosenberg, N. (1976). 'The Direction of Technological Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices'. In: Nathan Rosenberg, N., *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, chapter 6.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box : Technology and economics*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Sahal, D. (1993). 'Technological guideposts and innovation flows'. *Research Policy*, **22**, 2,
- Senker, J., (1995). 'Networks and tacit knowledge in innovation'. *Economies et sociétés, Série Dynamique technologique et organisation*, W, n°2, 95-118.
- Suarez, F. F. (2004). 'Battles for technological dominance: an integrative framework'. *Research Policy* **33**, 271-286.
- Teece, D. (1986). 'Profiting from technological innovation : implications for integration'. *Research Policy*, **15**, 285-305.

- Teece, D., Pisano, G., Shuen, A. (1997). 'Dynamic capabilities and strategic management'. *Strategic Management Journal*, **18**, 7, 509-533.
- Teece, D. J. (2008). 'Dosi's technological paradigms and trajectories: insights for economics and management'. *Industrial and Corporate Change*, June 2008, **17**, 3, 507-512.
- Utterback, J., Suarez, F. (1993). 'Innovation, Competition and Industry Structure'. *Research Policy*, **22**, 1-22.
- Van den Bergh, J.C.J.M., Stagl, S. (2003). 'Coevolution of economic behaviour and institutions: towards a theory of institutional change'. *Journal of Evolutionary Economics*, **13** (3), 289–317.
- Van den Ende, J., Dolfsma, W. (2002). 'Technology push, Demand Pull and the shaping of technological paradigms. Patterns of the development of computing technology'. *ERIM Series Research in Management*, ERS-2002-93-ORG, Erasmus Research Institute of Management.
- Von Hippel, E. (1994). 'Sticky information and the locus of problem solving: Implications for innovation'. *Management Science*, **40**, 4.
- Von Tunzelmann, N., Malerba, F., Nightingale, P., Metcalfe, S. (2008), 'Technological paradigms: past, present and future'. *Industrial and Corporate Change*, **17** (3):467-484.

Cahiers du GREThA
Working papers of GREThA

GREThA UMR CNRS 5113

Université Montesquieu Bordeaux IV
Avenue Léon Duguit
33608 PESSAC - FRANCE
Tel : +33 (0)5.56.84.25.75
Fax : +33 (0)5.56.84.86.47

www.gretha.fr

Cahiers du GREThA (derniers numéros)

- 2008-28 : OLTRA Vanessa, *Environmental innovation and industrial dynamics: the contributions of evolutionary economics*
- 2009-01 : MONTALBAN Matthieu, *L'influence de la financiarisation sur les modèles productifs dans l'industrie pharmaceutique : domination et contradictions de la conception du contrôle blockbuster*
- 2009-02 : CARAYOL Nicolas, LAHATTE Agenor, *Dominance relations and universities ranking*
- 2009-03 : PETIT Emmanuel, *Emotions et décision économique dans le jeu de l'ultimatum*
- 2009-04 : BLANCHETON Bertrand, JEGOUREL Yves, *Les fonds souverains : un nouveau mode de régulation du capitalisme financier ?*
- 2009-05 : OLTRA Vanessa, KEMP René, DE VRIES Frans P., *Patents as a Measure for Eco-Innovation*
- 2009-06 : MOYES Patrick, *Mesurer les inégalités économiques*
- 2009-07 : CARAYOL Nicolas, CASSI Lorenzo, *Who's Who in Patents. A Bayesian approach*
- 2009-08 : FRIGANT Vincent, *La chaîne de valeur de l'industrie automobile est-elle soluble dans des pratiques socialement responsables ?*
- 2009-09 : ROUILLON Sébastien, *Un nouveau mécanisme décentralisant les équilibres de Lindahl*
- 2009-10 : PETIT Emmanuel, *Does indignation lead to generosity? An experimental investigation*
- 2009-11 : KECHIDI Med, TALBOT Damien, *Réseau de proximité et gestion des interactions techniques et organisationnelles : les firmes pivots de l'aéronautique*
- 2009-12 : DOUAI Ali, MONTALBAN Matthieu, *Institutions and the environment: the case for a historical political economy*
- 2009-13 : NICET-CHENAF Dalila, ROUGIER Eric, *FDI and growth: A new look at a still puzzling issue*
- 2009-14 : NICET-CHENAF Dalila, ROUGIER Eric, *Human capital and structural change: how do they interact with each other in growth?*
- 2009-15 : DOYEN Luc, PERREAU Jean-Christophe, *Sustainable coalitions in the commons*
- 2009-16 : YILDIZOGLU Murat, *Approche évolutionniste de la dynamique économique*
- 2009-17 : JULLIEN Bernard, *Approche institutionnaliste de la dynamique industrielle*
- 2009-18 : BERGOUIGNAN Marie-Claude, *Analyse évolutionniste de la dynamique sectorielle*

La coordination scientifique des Cahiers du GREThA est assurée par Sylvie FERRARI et Vincent FRIGANT. La mise en page est assurée par Dominique REBOLLO.