

CENTRE DE RECHERCHE DMSP
DAUPHINE MARKETING STRATEGIE PROSPECTIVE

**L'interdépendance dans l'adaptation de systèmes :
implications théoriques et méthodologiques**

M. Cartier

Cahier n°292

Mai 2001

Manuel Cartier
Doctorant Allocataire Moniteur –DMSP
Université Paris IX Dauphine
Place du Maréchal de Lattre de Tassigny

75775 Paris Cedex 16
Tel : 01 44 05 44 59 / Fax : 01 44 05 44 49
manuel.cartier@dauphine.fr

L'interdépendance dans l'adaptation de systèmes : implications théoriques et méthodologiques

Interdependency in systems adaptation: theoretical and methodological implications

RESUME :

Cette recherche plaide en faveur de la prise en compte d'un système dans son ensemble pour aborder les problématiques d'adaptation, et en particulier au niveau d'industries. Les théories traditionnelles découlent d'une vision statique et linéaire. Pour apporter une réponse nouvelle, trois pans de recherche sont mobilisés : l'approche ressources, l'équilibre ponctué comme modèle de changement et les théories de la complexité comme loupe d'analyse. Ces courants convergent vers la nécessaire prise en compte de l'interdépendance. Le tout n'est pas la somme des parties, les relations sont récursives. Ces liens causaux multiples impliquent une profonde réflexion théorique et méthodologique. Certains concepts sont tout d'abord mis en place : sensibilité aux conditions initiales, émergence et coévolution. Ensuite, la simulation, à partir de systèmes adaptatifs complexes, est considérée comme une alternative méthodologique. Un modèle générique est proposé : l'algorithme génétique, où les organisations évoluent sous forme de chromosomes sur un « terrain d'adaptation ».

Mots clés : Adaptation d'industries, compétences, équilibre ponctué, complexité, interdépendance, simulation.

ABSTRACT:

This research insists on systems specificity in the adaptation studies, at an industry level in particular. Traditional theories follow from a static and linear vision of adaptation. To bring new answers, three research fields are mobilized: resource based-view of the firm, punctuated equilibrium as model of change, and complexity theory as paradigmatic lens. These fields converge on the concept of interdependency. System is more than sum of its parts, relations are recursive. These multiple causal links ask for a deep theoretical and methodological reflection. First, concepts are mobilized: path dependencies, emergence and co-evolution. Then, simulation, with complex adaptive system, is considered as an alternative methodology. A generic model is proposed: Genetic Algorithm, in which organizations as chromosomes evolve on a fitness landscape.

Key words: industries adaptation, competency, punctuated equilibrium, complexity, interdependency, simulation.

Introduction

Schumpeter (1934, 1950) décrit un processus de « destruction créatrice » engendrée par des grappes d'innovations qui passent du domaine fondamental au domaine industriel. Ceci peut mener les chercheurs en science de gestion à se demander comment les ruptures technologiques vont être intégrées par les industries au cours du prochain cycle de croissance de Kondratief, c'est à dire approximativement dans les 20 prochaines années.

Cette réflexion, dont l'inspiration provient du champ de l'Economie, mène à la problématique suivante : en cas de rupture technologique radicale, quels facteurs permettent à une industrie d'assurer une transition rapide et efficace vers un nouvel équilibre ?

Un double paradoxe apparaît :

- Les compétences doivent guider la stratégie, et permettre le développement de la firme au niveau horizontal (diversification liée) et au niveau vertical (intégration). Elles peuvent notamment permettre à la firme d'innover¹. Cependant, ces compétences peuvent également constituer des rigidités, et devenir un frein à l'innovation.
- Lorsque l'on s'intéresse à la relation inverse, l'innovation apparaît génératrice et destructrice de connaissances.

Des progrès dans la compréhension de l'adaptation d'industrie peuvent permettre :

- D'éviter la dissonance stratégique (Burgelman et Groove, 1996) : non reconnaissance du changement au sein d'une industrie.
- Une adaptation individuelle aux facteurs clés de succès, propres à l'industrie (dans la mesure où, par exemple, la flexibilité organisationnelle est favorisée dans une industrie réactive).
- Une action individuelle ou concertée visant à modifier la capacité d'adaptation du système dans son ensemble.

L'objectif de cette recherche est de souligner dans un premier temps les limites des théories traditionnelles qui découlent d'une vision statique et linéaire de l'adaptation. Ces dernières considèrent en outre que le tout est la somme des parties, et tendent à étudier indépendamment les organisations de l'industrie. Dans un deuxième temps, une alternative est apportée à travers l'étude de courants de recherche modernes et variés : l'approche ressources dynamisée comme théorie de la firme, l'équilibre ponctué comme modèle de changement et les théories de la complexité comme loupe d'analyse. Ces trois pans de recherche convergent en effet vers la nécessaire prise en compte de l'interdépendance. C'est pourquoi, dans un troisième temps, des concepts intégrant ces liens causaux multiples sont mis en place, pour fournir une base d'analyse solide permettant l'appréhension de phénomènes nouveaux. Enfin, dans un quatrième temps, la simulation est considérée comme une alternative méthodologique innovante, pouvant donner lieu à de nombreuses voies de recherche cherchant à comprendre l'impact d'interdépendances multiples au sein d'une industrie.

I. L'adaptation d'industries : une revue de la littérature

Les travaux de Schumpeter amènent à deux visions contradictoires du processus de destruction créatrice. La première (Schumpeter, 1934) conduit à une conception relativement fluide de l'industrie, où les nouveaux entrants innoveraient avec des produits plus performants et

remplacent les firmes existantes. La deuxième (Schumpeter, 1950) amène à se focaliser sur les avantages que possèdent les firmes en place dans le processus d'innovation.

Cette double optique se retrouve en science de gestion. Leonard-Barton (1992, 1995) met en relief le fait que les « *core competencies* » peuvent se transformer en « *core rigidities* » et ainsi nuire à l'avenir des organisations plutôt qu'assurer leur développement. A l'inverse, Teece, Pisano et Schuen (1997) insistent, avec la notion de « capacités dynamiques », sur la capacités des organisations, relative à la « création, à la destruction et au renouvellement des compétences, en environnements instables et à évolutions technologiques rapides ».

Un certain nombre d'études empiriques illustrent l'impact d'une rupture technologique sur une industrie (Tushman et Anderson, 1986 ; Barnett, 1990 ; Henderson et Clark, 1990 ; Christensen, 1993 ; Tripsas, 1997). Celles-ci permettent d'appréhender la diversité des phénomènes observés, et justifient ainsi la validité de notre propos.

Au niveau conceptuel, deux catégories de facteurs apparaissent comme explicatifs de l'adaptation d'une industrie.

I.1. La nature de la rupture

- Les innovations radicales ont un impact plus fort sur l'industrie que les innovations incrémentales (Henderson et Clark, 1990).
- Dans le cas de ruptures « destructrices », les entreprises en place ont peu d'incitation à investir dans la nouvelle technologie (Arrow, 1962 ; Gilbert R.J. et Newberry, 1982).
- Si « les innovations affectent les compétences présentes dans l'industrie, leur effet sur la structure de la compétition sera important » (Tushman et Anderson, 1986).
- Henderson et Clark (1990) expliquent la difficulté de l'adaptation par le caractère architectural des innovations.

I.2. Les caractéristiques des organisations de l'industrie

La littérature est quasi unanime à ce sujet : la capacité d'adaptation d'une industrie dépend de la capacité d'adaptation des entreprises qui la composent.

Ce postulat a conduit à une multitude d'études cherchant à mettre en exergue les sources de rigidité des organisations :

- Quatre sources de rigidités (psychologiques, comportementales, économiques et politiques) sont identifiées par Leonard-Barton (1992, 1995).
- Dans une approche de « dépendance en ressources » (Pfeffer et Salancik), Christensen et Bower (1996) montrent, à partir d'une étude empirique, que les firmes ne parviennent pas à réaliser des innovations radicales en raison de mécanismes d'allocation guidés par les consommateurs existants.
- Dans une « approche ressource », Hamel et Prahalad (1994) évoquent la difficulté de s'affranchir du passé, spécialement dans le cas « d'histoires à succès ».

Pour vaincre ces rigidités, les organisations disposent d'atouts. De nombreux éléments permettant le développement de cette aptitude d'adaptation ont été mis en relief : situation de crise (Nonaka, 1988), création de sens (Burgelman et Grove, 1996), succession et longévité des dirigeants (Virany, Tushman et Romanelli, 1992), largeur des compétences distinctives (Ehrnberg et Jacobsson, 1996), dépenses en Recherche et Développement (Cohen et Levinthal, 1990), renouvellement et évolutions des personnels clés (Doz, 1994 ; Sveiby, 1997), forme organisationnelle adaptéeⁱⁱ (Teece, 1996).

Le tout est la somme des parties. La richesse et la spécificité propre à chaque industrie n'est pas prise en compte. Cette recherche va donc tenter de démontrer que l'apport réel des avancées en matières de compétences et de changement n'a pas encore été intégré par la littérature en science des organisations. Une première base de réflexion est donc ici mise en place, afin de permettre un développement théorique et méthodologique conforme à la dynamique de l'adaptation d'industries.

II. Une relecture de trois courants de recherche

La base théorique permettant d'étudier l'adaptation d'industrie doit prendre en compte plusieurs niveaux de réflexion. Il faut tout d'abord choisir une unité d'analyse. C'est ainsi l'évolution de populations de compétences qui sera envisagée. Il faut ensuite définir la notion de rupture technologique et convenir d'un modèle de changement. Enfin, l'étude des systèmes non linéaires et en particulier la théorie de la complexité, vient parachever notre cadre en apportant une vision spécifique de l'adaptation.

II.1. Dynamisation de l'approche ressource

Paradigme externe : la stratégie comme exploitation d'un pouvoir de marché

Dominant durant les années 80, notamment sous l'impact de l'analyse des formes de la concurrence par Porter (1980), son origine remonte bien plus loin dans le temps. En effet, ce sont Chamberlain et Robinson qui ont montré dans les années 30, avec la notion de concurrence imparfaite, comment une certaine forme de concurrence (ni pure ni parfaite) pouvait mener les entreprises à réaliser un profit supérieur au minimum fixé par la rémunération du capital (créer une rente).

Paradigme interne : la stratégie comme recherche de l'efficience

L'avantage concurrentiel et l'existence d'une rente vont provenir de la maîtrise de compétences de la part des organisations. Ces compétences peuvent être tangibles ou intangiblesⁱⁱⁱ. Elles peuvent être caractérisées par leur aspect distinctif, leur valeur pour le client et leur large champ d'application (Hamel et Prahalad, 1990). Si les racines de cette approche se trouvent dans le champ de l'Economie (Penrose, 1959), cette dernière est véritablement née en stratégie dans les années 80 sous l'impulsion de Rumelt (1984) et Wernerfelt (1984).

Au total, si les années 80 ont été marquées par l'idée que la compétitivité de l'entreprise dépendait du choix de ses activités, les années 90 ont été marquées par l'idée que la compétitivité de l'entreprise dépend étroitement des actifs et des compétences qu'elle détient. Selon Koenig, « la propension de certains chercheurs à raisonner en termes disjonctifs est telle que l'approche par les ressources a parfois été envisagée comme un substitut aux démarches centrées sur le choix des activités ». De nombreux auteurs pensent que ces deux paradigmes ont été distincts pour faciliter leur approfondissement et qu'il est maintenant temps de les réunir dans un cadre intégrateur, qui reprendrait en quelque sorte la méthode SWOT^{iv}. Amit et Schoemaker (1993) proposent un diagnostic stratégique autour de quatre pôles intégrant le raisonnement de Porter et l'approche ressources. Même Teece, Pisano et Schuen (1997) qui apparaissent précurseurs avec la notion de capacités dynamiques, ne rejettent pas l'analyse de Porter. Enfin, ce large mouvement intégrateur touche la France puisque Trincquecoste propose en 1998 un article de référence proposant un schéma récursif entre analyse Porterienne et approche ressource.

A contrario, il est considéré ici que ces deux approches sont incompatibles. Même si ces deux paradigmes peuvent coexister, leur intégration semble impossible.

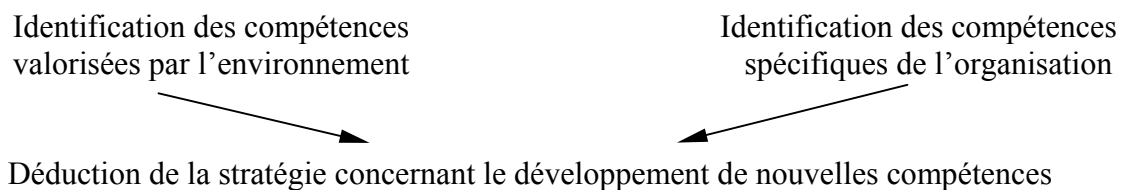
La nature de la rente est en effet fondamentalement différente en fonction de l'analyse. Pour Porter, c'est le pouvoir de marché, dû à une taille importante, à des barrières à l'entrée, à une

relation à long terme dont fournisseurs et clients ne peuvent s'extraire,...qui est à la source de l'avantage concurrentiel. En ce qui concerne l'approche ressource, cet avantage concurrentiel provient de compétences spécifiques et non d'entraves à la concurrence.

Les qualificatifs internes et externes ne sont pas représentatifs de ces deux paradigmes. En effet, pour obtenir un pouvoir de marché, la firme doit bénéficier de moyens importants. Par exemple, l'édification de brevets permet de créer des barrières à l'entrée. De même, bénéficier d'un pouvoir de négociation important avec ses clients peut impliquer une communication active, une stratégie de fidélisation d'envergure,...Des facteurs internes entrent ainsi en ligne de compte. Symétriquement, l'approche ressource ne relève pas uniquement de facteurs internes. En effet, la définition générale du terme de compétence inclut un aspect distinctif (il est ainsi insignifiant d'être efficient sur des aspects maîtrisés par tous) et un rapport au marché (pour être utile, une compétence doit posséder une valeur pour le client). On retrouve ainsi l'aspect externe de la stratégie dans l'approche ressource.

Il est donc légitime de penser que l'approche ressource et l'approche Porter sont bel et bien distinctes. Même s'il est possible de tenter d'obtenir simultanément un pouvoir de marché et un avantage comparatif au niveau des compétences, la réflexion en œuvre relève de facteurs différents. A partir de la théorie de Porter, un avantage durable peut être atteint grâce à une mobilité suffisante (possibilité de passer de marché en marché pour conserver un portefeuille d'activité à fort taux de croissance), en restreignant l'entrée de concurrents et en nouant des relations fortes avec les éléments extérieurs à l'entreprise (clients, fournisseurs, institutions,...).

C'est pourquoi nous proposons la démarche stratégique suivante, reposant sur l'approche ressource, pouvant être considéré comme un cas particulier du modèle « d'ajustement stratégique » proposé par Zajac, Kraatz et Bresser (2000) :



Les compétences représentent donc l'essence des organisations et la base de leur stratégie. Une définition claire doit donc être construite.

- D'une multiplicité d'approche à l'édification d'un concept cohérent
 - Un concept brumeux : si le concept de compétence distinctive a reçu dans les années 90 une attention considérable (Abetti P., 1996 ; Burgelman et Groove, 1996 ; Cohen et Levintal, 1990 ; Hamel, 1991 ; Henderson, 1994 ; Iansiti et Clark, 1994 ; Leonard-Barton, 1992 ; Nonaka, 1991 ; Nonaka et Takeuchi , 1995 ; Prahalad et Hamel, 1990 ; Teece, Pisano et Shuen, 1997), il n'existe toujours pas de consensus au niveau de sa définition. En effet, ces différents auteurs semblent utiliser des termes différents pour identifier des éléments proches, mais néanmoins distincts. Ainsi, il est possible de parler de compétences distinctives (Barney, 1984 ; Wernerfelt, 1984), de cœur de compétences (Hamel et Prahalad, 1990), de ressources compétitive (Nonaka et Takeuchi , 1995), de capacités d'absorption (Cohen et Levinthal, 1990), de capacités d'intégration (Henderson, 1994, Iansiti et Clark, 1994), et de capacités dynamiques (Iansiti et Clark, 1994, Teece, Pisano et Shuen, 1997).
 - Principes fondamentaux de l'approche par les compétences :, Barney (1991, 1995), Hamel et Prahalad (1994), Prahalad et Hamel (1990), Teece, Pisano et Schuën (1997) Wernerfelt

(1984) ont tour à tour mis en relief et articulé les piliers fondateurs de l'approche ressources. La compétitivité découle directement de « la force, de l'exploitation et du levier des ressources internes d'une firme » (Barney, 1995). Une compétence procure un bénéfice aux clients de l'entreprise qui la possède. L'essence de l'impact stratégique d'une compétence réside dans la complémentarité. Cette complémentarité permet une application à de nombreux couples produits/marchés, et rend les compétences difficile à imiter. Enfin, la recombinaison de ressources spécialisées implique une « dépendance en chemin » : l'histoire importe.

- Une vision spécifique du concept de compétence :

Il convient de scinder le concept en deux sous parties distinctes : l'une statique (possibilité d'exploitation) l'autre dynamique (possibilité d'exploration).

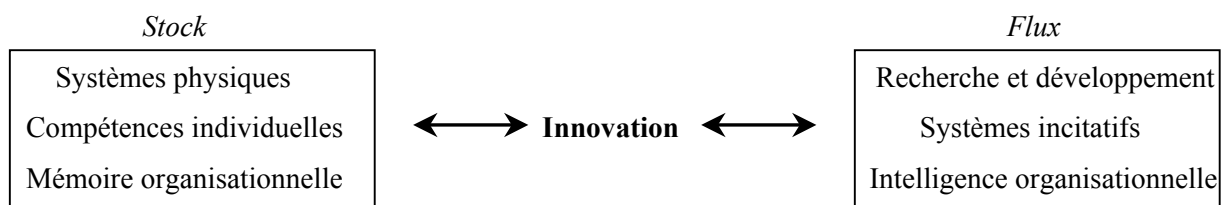
La vision des compétences statiques qui est proposée ici est proche de celle de Leonard-Barton (1995), mais elle intègre les routines (Nelson et Winter, 1982), et exclue les systèmes incitatifs, mettant ainsi l'accent sur la confusion faite par de nombreux auteurs entre stock et flux de compétences.

Ceci conduit à considérer les compétences statiques comme un concept tridimensionnel, résultant de l'agglomération de compétences individuelles, de systèmes physiques et de la mémoire organisationnelle^v.

Les compétences dynamiques, reflétant « l'aptitude d'une organisation à créer des formes nouvelles et innovantes de l'avantage compétitif » (Leonard-Barton, 1992), sont également tridimensionnelles puisqu'elles intègrent les systèmes incitatifs (de formation, managériaux, de contrôle, tactiques et stratégiques), la Recherche et Développement et l'intelligence organisationnelle^{vi}.

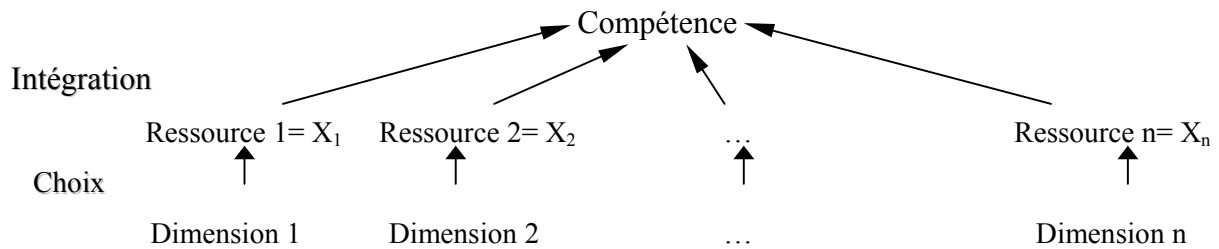
Enfin, l'innovation apparaît comme le trait d'union nécessaire entre compétences statiques et dynamiques^{vii}. Ainsi, l'innovation n'est plus uniquement perçue comme un objectif à atteindre, mais également comme un flux continu de création et de recréation de compétences. Une innovation va donc être révélatrice d'une position et d'un mouvement.

Ceci conduit à la représentation suivante du concept de compétence :



- Distinction ressource/capacité/compétence

Dosi, Nelson et Winter (2000) tentent de hiérarchiser les différents termes communs à la littérature. Ils aboutissent à une distinction entre les ressources génériques et les ressources intégrées en un tout cohérent spécifique à l'entreprise. Même si ce choix ne fait pas l'unanimité, nous nommerons les premières « ressources », et les secondes « compétences ». C'est l'intégration de ces différentes ressources qui formera une compétence distinctive propre à la firme. Cette recherche ne s'intéresse pas au processus d'intégration, mais aux choix relatifs des firmes sur les différentes dimensions technologiques.



Ainsi, ce condensé d'une littérature éparsée plaide pour une analyse conjointe de l'aspect statique et dynamique des compétences et insiste sur un aspect essentiel : la double complémentarité, d'une part entre les éléments constitutifs d'une compétence (les ressources technologiques), d'autre part entre ses différentes dimensions (physique, comportementale et humaine).

II.2. Modèle de changement et rupture technologique

Il est possible de distinguer dans la littérature deux grands courants de recherche sur le changement :

- Antécédents et conséquences du changement : du début du siècle à la fin des années 60, le changement s'inscrit dans une recherche de stabilité, avec l'idée de « one best way ». Sous l'impulsion de Lawrence et Lorsh (1967), il consiste en une recherche d'adaptation (le plus souvent en terme de structures) à un type d'environnement donné. On retrouve là encore l'idée d'un choix optimal. A la fin des années 70, Hannan et Freeman apportent une alternative dérivée de la biologie. Ils démontrent tout d'abord que les organisations favorisent une relative stabilité qui leur permet d'être performantes dans un environnement donné. Cette inertie va induire une sélection au niveau individuel pour une adaptation au niveau de la population. Enfin, la perspective du choix stratégique (Child, 1972, 1997) expose que l'organisation est capable de remodeler l'environnement à son image.
- Processus de changement : « comment le changement organisationnel émerge, se développe, croît et se termine au cours du temps » (Van de Ven et Huber, 1990). Certains répondent par la théorie des cycles de vie (Greiner, 1972) qui aboutit à l'identification de plusieurs phases formant la traditionnelle courbe en « S ». D'autres auteurs préconisent une approche historique (Kimberly et Bouchikhi, 1995) dans laquelle les organisations peuvent être comparées à des individus. C'est donc principalement la culture qui va déterminer la trajectoire de l'entreprise. Pour les partisans de l'approche dialectique (Benson, 1977), le changement émerge du conflit d'entités existant dans une relation commensaliste. Au total, cette réflexion amène à penser qu'il est « impossible de séparer les causes et les conséquences du changement de son processus » (Van de Ven et Poole^{viii}, 1995).

La première exigence est donc d'intégrer ces deux dimensions dans un modèle complet. Pour une congruence maximale avec la question de recherche proposée, ce modèle doit être capable d'appréhender la dynamique de l'adaptation comme succession de phases de stabilité et de changement radicaux.

C'est le modèle de l'équilibre ponctué qui fut choisi pour ces qualités : il permet de reconsidérer les dichotomies traditionnelles en matière de changement.

▪ Changement incrémental ou radical ?

Sur cette dimension, contingence (Lawrence et Lorsh, 1967 ; mais aussi Woodward, Blau, Burns et Stalker,...) et configuration (Mintzberg) s'opposent. Pour les partisans de la contingence, le changement peut s'effectuer de façon graduelle. Il est ainsi possible, par « fine

tuning » de rester adapté aux exigences externes. A l'inverse, les partisans de la configuration considèrent qu'il peut exister simultanément plusieurs combinaisons optimales (au niveau local en tout cas). Le changement sera donc radical et pourra faire passer le système par des phases de faible adéquation. Les phénomènes d'équilibre ponctué impliquent que le système évolue à travers l'alternance de période d'équilibre, pendant lesquelles les structures sous-jacentes ne permettent que des changements incrémentaux, et de période de révolution pendant lesquelles ces structures sont détruites. Ces structures constituent un réseau de choix interdépendants. Pendant les périodes d'équilibre, le système fait des ajustements qui préservent ces mêmes structures des perturbations internes et externes. Le système évolue à travers un chemin stable et linéaire. En période de rupture, le système n'évolue pas graduellement.

- Changement cumulatif ou destructeur ?

Abetti (1996), Anderson et Tushman (1990), et Tripsas (1997) distinguent les discontinuités convergentes des discontinuités divergentes. Les premières viennent renforcer les atouts des firmes en place alors que les secondes viennent les détruire. Dans le cas de discontinuités convergentes, seule la « dissonance stratégique » (Burgelman et Groove, 1996) peut entraîner un écart entre les bases de compétition de l'industrie et les compétences distinctives de l'organisation. A contrario, une discontinuité divergente induit dans le cas d'une adaptation des firmes une baisse de leur performance à court terme (March, 1991). Le modèle de l'équilibre ponctué intègre ces deux dimensions, puisque les phases de changements incrémentaux permettent aux entreprises d'affirmer leur position concurrentielle en utilisant les structures en place, tandis que les ruptures radicales rendent inefficaces leurs atouts (Tushman et Anderson, 1985).

- L'intentionnalité : volontarisme et adaptation ou déterminisme et sélection.

« Does intentionality matter ? » Tels sont les premiers mots de Lewin et Volderda (1999) qui annoncent une profonde réflexion sur le débat adaptation/sélection. Un des premiers articles prenant position sur la question est l'œuvre de Astley et Van de Ven (1983). La manière dont la rupture technologique se dessine va changer les facteurs clés de succès de l'adaptation (ou de la proaction). Pour les évolutionnistes (Hannan et Freeman, 1977) le passage d'une compétence à une autre se fait par sélection (par rapport au concept biologique de Darwin). C'est le nouvel environnement qui détermine les caractéristiques optimales et qui ainsi divise les firmes en gagnantes et perdantes en fonction de leur degré de congruence. Seul l'étude des caractéristiques compte dans cette optique déterministe. Pour les « téléologiques », le volontarisme de l'entreprise (et de ses dirigeants) peut « déplacer des montagnes ». Ce sont les entreprises qui décident de déplacer la frontière d'efficacité de l'industrie. Par conséquent, les caractéristiques des organisations influencent peu leur réussite, mais les processus importent. Dans le modèle de l'équilibre ponctué, on considère que les phénomènes de rupture sont trop complexes pour être caricaturés par une optique volontariste ou adaptative. On parle d'évolution réciproque entre l'entreprise et son environnement. Roughgarden (1976) considère ainsi que « des changements causaux mutuels entre une firme, ses concurrents et les autres éléments de sa niche peuvent avoir une importance adaptative ». Cela signifie que « les changements d'une entreprise sont fait dans le contexte des changements des concurrents et des éléments non concurrents (clients, fournisseurs, pouvoirs publics,...) » (Mc Kelvey, 1999).

Au total, le changement par équilibre ponctué implique des liens multiples entre l'entreprise, ses concurrents et son environnement. De plus l'entreprise est vu comme un tout, constitué d'éléments interdépendants, pouvant adopter plusieurs configurations. Pendant les périodes de

révolutions, les changements sont difficilement prévisibles, et varient en magnitude. Ils « dépendent du passé de chaque élément et de leurs interactions » (Gersick, 1991). Ils sont rapides et de courte durée. La structure du système est un réseau de choix interdépendants, sur la base de la configuration présente du système. Ceci signifie, pour reprendre Prigogine et Stengers (1984), qu'un « changement dans le système induit un changement du système lui-même et de ses règles de fonctionnement ». Les organisations vont vivre, si l'on fait référence au modèle de « dynamique stratégique » de Zajack, Kraatz et Bresser (2000), une alternance de périodes d'« inertie bénéfique » et de « changement bénéfique ».

Par rapport au concept de compétences, la rupture porte sur les ressources technologiques. Les ruptures totalement endogènes, comme les innovations architecturales (Henderson et Clark, 1990), impliquent un changement de l'intégration des ressources technologiques et donnent ainsi lieu à une autre question de recherche. La rupture technologique sera donc ici conçue en deux phases : phénomène exogène qui change les possibilités de choix au niveau des ressources génériques, puis intégration de ces modifications par les entreprises sous la forme d'évolution de leur compétence.

II.3. Théorie de la complexité

Senge (1990), Stacey (1995), Kauffman (1993), McDaniel R.R. et Walls (1998) apportent tous une définition différente des sciences de la complexité. La difficulté d'édifier un paradigme unique vient du fait que l'approche complexe est avant tout interdisciplinaire. Issue de la physique et de la biologie, à la croisée de la théorie systémique de Von Bertalanffy, de la cybernétique de Wiener, ou de l'auto-organisation de Prigogine, elle s'étend depuis quelques années aux sciences sociales^{ix}.

Selon Anderson (1999), la théorie de la complexité repose sur quatre points forts :

- Des agents avec des schémas : chaque agent dispose d'une « carte mentale » différente, et donc d'une perception différente de l'environnement. Ceci implique que les règles de conduite ne sont pas forcément générales mais peuvent être particulières à chaque agent. Cette analyse s'applique bien aux entreprises en tant qu'agent, chacune disposant en effet d'une perception propre de l'environnement technologique.
- Des réseaux auto-organisés maintenus par l'importation d'énergie : chaque agent dispose d'information locale qui profite (par des boucles itérative) à tous. Pour les entreprises, l'importation d'énergie est facilement concevable (si l'on considère que les clients et les fournisseurs se trouvent à l'extérieur du système).
- Des changements à la frontière du chaos : le caractère symbiotique des relations entre les entreprises présentes dans des secteurs à intensité technologique forte justifie à la fois la nature chaotique et co-dépendante de ces rapports.
- Une recombinaison et une évolution constante du système à travers l'entrée, la sortie et la transformation des agents, ou la modification des relations qu'ils entretiennent. L'entrée dans un secteur de nouvelles entreprises, la mort d'entreprise en place et le renouvellement des compétences peuvent constituer une application à la problématique de l'adaptation d'industrie.

La théorie de la complexité constitue une perspective alternative de la relation entre les choses. Elle est particulièrement adaptée à « l'étude des processus de changement » (Stacey, 1995) et peut ainsi contribuer à une approche renouvelée de la dynamique de l'adaptation d'industries.

III. Défis théoriques posés par la relecture de ces trois courants

L'approche ressource, l'équilibre ponctué et les théories de la complexité ne sont pas des champs de recherche rivaux. Ils n'ont pas les mêmes objectifs et se placent à des niveaux d'analyse différents. Le premier courant peut constituer une vision de la compétition, une théorie de la firme. Le second vise à comprendre les mécanismes de transformation de l'entreprise et de son environnement. Le troisième correspond à une vision du monde, de la relation entre les choses. Cependant, la prise en compte des avancées que nous avons évoquées et de leur intégration peut permettre :

- Un rapprochement de la réflexion stratégique et du management de l'innovation, ce qui répond aux aspirations de nombreux chercheurs (Teece, 1996a).
- Une introduction du concept de compétence dans une réflexion sur le changement.
- Un développement des apports de la théorie de la complexité en science des organisations.

Enfin, et c'est là le point essentiel de cette recherche, ces trois bases théoriques convergent vers la notion d'interdépendance. Au cœur de l'approche ressource, à travers les termes de complémentarité, d'intégration, ces interdépendances multiples se retrouvent dans le modèle de l'équilibre ponctué, où l'on parle de configurations et d'interactions. Enfin, « Il est évident que les progrès en science de la complexité ont contribué à créer une base théorique pour les recherches portant sur l'interdépendance » (Lewin et Volberda, 1999).

Des ces interdépendances multiples vont naître quatre phénomènes fondamentaux qui devrait permettre de pallier aux lacunes de la littérature traditionnelle, en considérant dans un raisonnement holiste, une industrie comme un tout et non comme la somme des entreprises qui la composent.

▪ Sensibilité aux conditions initiales

La présence d'interdépendances implique que l'adaptation subit une forte dépendance en chemin (Calori, 1997 ; McKelvey, 1997). Ainsi, des divergences d'adaptation de compétences au sein d'une population proviennent de différences passées (Levinthal, 1997). Les explications avancées par l'écologie des population (changement de niches dans l'environnement), par l'école de la contingence (différences touchant un panier de variables externes), par le courant téléologique (différence d'intention ou de vision stratégique des dirigeants) sont donc partiellement rejetées.

▪ Emergence

« Les organisations expérimentent souvent le changement comme un processus émergent » (Mc Kelvey, 1997). Anderson (1999) définit l'émergence comme « un système général de comportements provenant de l'interaction de plusieurs participants, comportement ne pouvant être prédit ni même envisagé à partir d'une connaissance de ce que chaque participant fait de manière isolé ».

L'émergence est un thème commun à l'approche compétence et à notre vision du changement. En effet, Lewin et Volberda (1999) considèrent de façon distinct l'approche ressource et la théorie des capacités dynamiques. La première se place dans une optique de sélection : les ressources spécifiques des firmes sont la base de l'avantage concurrentiel, mais sont relativement inertes. Cela signifie que c'est l'environnement qui va sélectionner les compétences les plus adaptées. La seconde se place dans une optique d'adaptation : la création et l'intégration de nouveaux savoirs, de nouvelles technologies se trouve à la base d'une compétitivité durable. C'est donc de ce mélange de stock et de flux, de sélection et de

transformation qui va provenir l'émergence. De plus la notion d'émergence fait partie intégrante de la théorie de la complexité. Une revue portant ce nom consacrée aux approches complexes est d'ailleurs publié depuis 1999.

- Passage brutal d'un équilibre à un autre

De longues périodes de changements continus de faible intensité, interrompues de façon occasionnelle par de courtes périodes de changements discontinus de forte intensité qui détruisent l'existant pour parvenir à un nouvel équilibre semblent typique de l'approche ressource. Un avantage durable requiert un contexte marqué par une certaine stabilité. Mais suite à la rupture, les organisations rompent le statut quo en développant de nouvelles compétences. Cette intention stratégique ne vise pas à créer une compétition fluide mais à établir un contexte totalement nouveau plus profitable^x. Avec la notion d'attracteur (Thiéart et Forgues, 1995 ; Mc Kelvey, 1997), la théorie de la complexité traite également du passage d'un équilibre à l'autre. On peut distinguer trois types d'attracteurs : les attracteurs classiques autour duquel le système gravite jusqu'à atteindre l'équilibre, les attracteurs périodiques entre lesquels le système oscille (d'un extrême à l'autre), et les attracteurs étranges qui représente une zone dans lequel le système est confiné tout en évoluant de manière imprévisible à l'intérieur de cette zone. C'est donc à travers ce passage que les compétences des organisations passent d'un état stable et convergent à état instable, jusqu'à atteindre par transformations successives un nouvel équilibre.

- Coévolution

Voici résumé, à partir des articles fondamentaux les plus récents abordant le thème de coévolution, les principaux traits de ce concept :

Raisonnement à plusieurs niveaux	Des interactions peuvent exister au niveau de la firme <u>micro-coévolution</u> et entre une firme et son environnement et/ou ses concurrents <u>macro-coévolution</u> (McKelvey, 1997 ; Lewin et Volberda, 1999).
Causalités multiples	Il n'existe pas de liens uniques entre les variables (Kaufman, 1993 ; McKelvey, 1997). Dans de tels systèmes, la distinction entre les variables dépendantes et les variables indépendantes perd de son sens. En effet, la modification de l'une d'entre elle va avoir un impact sur la valeur des autres et peut être causé par un changement endogène. Ainsi, on ne peut plus considérer que c'est l'environnement qui détermine les compétences des firmes, puisqu'ils évoluent simultanément.
Non linéarité	A cause des boucles de rétroaction, les changements d'un élément peuvent avoir des impacts contre-intuitifs (Anderson, 1999). Le lien entre environnement et compétences n'est plus linéaire.
Boucles de rétroaction positives	Les interdépendances multiples entre les sous-unités des compétences, les compétences et l'environnement, et les compétences entre elles (intra et inter-firmes) sont sources de boucles causales.

Cette recherche plaide donc pour une modification du cadre théorique destiné à appréhender l'adaptation d'industrie. Seul le développement de concepts qui découlent de la présence d'interdépendances multiples peut venir enrichir les travaux sur ce thème et permettre une compréhension satisfaisante des phénomènes observés.

IV. Défis méthodologiques

La prise en compte des interdépendances implique une remise en cause des méthodologies traditionnellement utilisées en science de gestion :

- Un cadre conceptuel classique résonne en terme de variable dépendante et indépendante. Or, les actions et rétroactions entre les différentes variables estompent cette distinction. Ceci découlent directement du concept de coévolution.
- Les événements résultant des interdépendances sont trop complexes et trop diffus pour être observées directement.
- Le concept d'interdépendance implique de raisonner sous la forme de configurations d'industries. Or, si l'on s'intéresse par exemple à cinq variables, pouvant prendre trois valeurs chacune, on obtient 243 configurations possibles (3^5). Ceci rend impossible une collecte de donnée exhaustive que ce soit sur un échantillon large d'entreprises si l'on adopte une méthodologie quantitative, ou en profondeur si l'on adopte une méthode qualitative.

L'article de Shapiro (1989) annonce l'émergence de la théorie des jeux en stratégie (appliqué par exemple à la question de la R&D par Gilbert et Newberry en 1982). Si une telle optique peut s'avérer intéressante, elle comporte certaines limites, dont les plus importantes sont :

- L'existence de règles immuables connues des agents.
- La rationalité parfaite des joueurs, largement critiquée, par Simon notamment.

De plus, si de tel modèle peuvent s'appliquer à des cas impliquant un membre réduit d'agents (deux la plupart du temps), et donc expliquer des situations duopolistiques, il ne peuvent s'appliquer à l'étude d'industries composées d'une multitude d'entreprises.

C'est pourquoi il est nécessaire de proposer une nouvelle approche permettant de résoudre ces difficultés. Cette réflexion s'inscrit dans une optique postmoderne et connexioniste, dans laquelle le model est au centre de la contribution scientifique (Kleindorfer, O'Neill et Ganeshan, 1998). La spécificité des agents est acceptée, et la question de l'émergence de macro-structures est posée.

IV.1. Les systèmes adaptatifs complexes

Stacey (1995) tente de concilier les différentes branches de la théorie de la complexité pour dégager deux domaines fondamentaux : le chaos déterministe et les systèmes adaptatifs complexes. De nombreux auteurs considèrent que les possibilités d'application du premier champ de recherche en sciences sociales sont maigres, en raison des difficultés de tests empiriques dus à la rareté des lois qui déterminent l'évolution du système.

« Les systèmes adaptatifs complexes sont destinés à étudier l'évolution d'un grand nombre d'acteurs interdépendants qui interagissent, entre eux et avec leur environnement » (Stacey, 1995). Ces systèmes sont non linéaires et conduits par des boucles de rétroaction. Les rétroactions positives mènent à l'instabilité, les rétroactions négatives à l'équilibre. Dans de tels systèmes, l'ordre provient des relations entre les agents et n'est pas imposé de façon exogène.

La simulation exploratoire vise, de façon inductive ou déductive, à construire une version simplifiée de la réalité capable d'en reproduire certains effets, sans pour autant connaître de façon certaine les relations entre les choses. La simulation confirmatoire, visant l'optimisation d'une variable sortante à partir d'entrants, semble pour l'instant difficilement envisageable en science des organisations.

Si McKelvey (1997) estime que la simulation devrait se développer au XXIème siècle de façon exponentielle, jusqu'à occuper près de 25% des publications scientifiques en sciences des organisations, notre propos n'est pas ici de justifier un choix paradigmatique mais plutôt

de présenter les possibilités et les dangers qu'engendrent cette nouvelle option méthodologique. S'il n'y a pas de consensus au niveau conceptuel, on retrouve dans les sciences de la complexité des méthodes de modélisation communes : automate cellulaire, réseau neuronal et algorithme génétique. C'est le dernier, inspirée de l'évolution Darwinienne, qui sera présenté ici pour ses qualités pédagogiques et sa souplesse d'application. En effet, les automates cellulaires considèrent une multitude d'agents au comportement fonction de l'état de leurs voisins. Si ces modèles furent appliquées à l'étude de la formation des embouteillages ou des ghettos urbains, leur transposition aux sciences de gestion est difficile (seul l'impact du papier de Lomi et Larsen, 1997, est ici à retenir, qui fait le lien entre les connexions entre organisations et leur survie, à partir d'une variante du « jeu de la vie »). Les réseaux neuronaux, sont utilisés en gestion pour déterminer le fonctionnement des réseaux d'organisations.

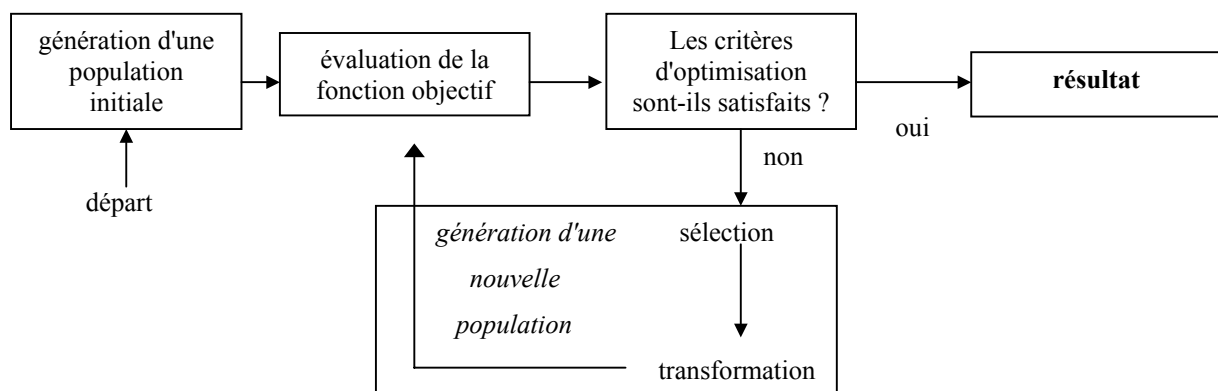
IV.2. L'algorithme génétique

Ce modèle d'optimisation informatique étudie « l'évolution d'agents dans un environnement auquel ils ne sont pas adaptés » (Bruderer et Singh, 1996). Son utilisation dans le cadre de la dynamique de l'adaptation d'une population de compétences au sein d'une industrie suite à une rupture technologique est donc particulièrement adaptée.

Un algorithme génétique peut être appréhender à partir des notions suivantes :

- Le gène est la plus petite unité d'analyse. Dans le cas le plus simple, chaque gène peut prendre deux valeurs : 0 ou 1 (appelées allèle). Appliquer à la problématique de l'adaptation d'industries, chaque gène représente une ressource technologique générique.
- Le chromosome est une séquence de n gènes, il est une métaphore de la firme, perçue comme un portefeuille de ressources.
- Un génotype est une vue instantanée d'un chromosome. Il sera donc représentatif de la position d'une compétence au temps t .
- Le terrain d'adaptation (« fitness landscape ») revient à assigner à chaque génotype une performance (Levinthal et Warglien, 1999). Il dépend donc la valorisation de chaque type de compétences par l'environnement. Ce « relief montagneux » aura une physionomie différente (monotone vs accidenté) en fonction du nombre de configurations optimales existantes localement.

Fonctionnement d'un algorithme génétique à une seule population



La métaphore consistant à analyser l'adaptation d'une population de compétences sous la forme du déplacement de chromosomes (par changement de leur gènes) sur un relief montagneux (concept exposé plus haut) est évidemment à considérer avec précaution. C'est

une vision particulière, qui déforme, comporte ses faiblesses et ses limites. Cependant, elle peut « créer la perspicacité » (Morgan, 1997).

La modélisation comporte également des limites parmi lesquelles la validation (McKelvey, 1999). Cependant, la confrontation à la réalité n'est pas l'unique source de « progrès scientifique ». Des « résultats surprenant ou contre-intuitifs, une remise en cause de résultats obtenus à l'aide de méthodologies traditionnelles peuvent constituer des conclusions intéressantes » (Masush P. et M Lapotin, 1989). Ainsi le modèle du « garbage can » (Cohen, March et Olsen) reste depuis 1972 une référence dans le domaine de la prise de décision, sans jamais avoir été utilisé de façon prédictive ou explicative. Il a seulement permis de montrer qu'une résolution de problème pouvait advenir dans des « anarchies organisées ».

Conclusion et voies de recherche

Il est légitime de se demander si cette orientation de recherche est prometteuse. Le concept d'interdépendance va-t-il être intégré dans la recherche en gestion ? Quelle importance la théorie de la complexité peut-elle prendre ? Le potentiel de développement de la simulation est-il réel ?

Au niveau théorique, on assiste à une construction progressive d'un cadre d'analyse unifié (Thiéart et Forgues, 1995 ; Anderson, 1999 ; Morel et Ramanujam, 1999). Le premier but de cette recherche était de réaliser un développement de ces concepts dans le cadre particulier de l'adaptation d'industries. Ceci devrait permettre à des recherches futures d'intégrer à cette problématique la notion d'interdépendance à partir de bases solides.

Au niveau méthodologique, la simulation prend son essor en science des organisations. On assiste en fait depuis environ cinq ans à un flux continu de travaux alimentant les revues généralistes de référence. L'algorithme génétique, modèle préconisé précédemment, est ainsi utilisé pour répondre à des problématiques diverses (Bruderer et Singh, 1996 ; Levinthal, 1997 ; Boisot et Child, 1999 ; Mc Kelvey, 1999 ; Rivkin, 2000). Le second but de cette recherche était de proposer un modèle générique potentiellement applicable à l'adaptation d'industries. A partir de bases existantes (le modèle NK de Kauffman par exemple) ou grâce aux logiciels spécifiques de construction (Internet permettant leur diffusion), la mise en place et le paramétrage d'un modèle spécifique pourrait permettre de tester des hypothèses relatives à l'impact des interdépendances sur la dynamique d'adaptation d'industries.

Une telle approche comporte un certain nombre de limites méritant d'être évoquées. Un modèle de simulation est une représentation partielle de la réalité, sa validation est souvent difficile (Kleindorfer, O'Neill et Ganeshan, 1998). De plus, un excellent modèle ne peut se substituer à une réflexion conceptuelle en amont, les variables sortantes de la simulation ne pouvant être interprétées que par rapport à des éléments théoriques fondés.

Pour conclure ce travail, quatre propositions de recherche seront faites. Seule la nature de l'interdépendance sera évoquée, la forme et le sens de son impact étant légués aux futures contributions.

- Interdépendance entre les ressources technologiques génériques : Doz (1994) étudie les interconnexions entre ressources technologiques dans le secteur de l'aérospatial. Il constate leur existence sans en préciser l'impact.
- Interdépendance de rendements (effet d'échelle externe relatifs au développement de la nouvelle compétence) : externalités (Katz et Shapiro, 1985), d'actifs complémentaires (Teece, 1986), infrastructures associées (Tripsas, 1996), sont autant d'éléments justifiant l'existence et la prise en compte d'« auto-amplification » dans l'adoption de technologies.
- Interdépendance entre firmes : Miner, Amburgrey et Stearns (1990), Hagedoorn (1993), Powel (1996) et Stuart (2000) démontrent que la collaboration et les échanges inter-firmes ont un impact certain sur la performance des firmes suite à une rupture technologique. Il reste à mener une réflexion à un niveau agrégé.

- Interdépendance inter-système (possibilités d'action de nouveaux entrants) : Abernathy et Clark (1986), Tripsas (1997) s'intéressent aux comportements des entreprises extérieures à l'industrie touchée par la rupture : sous la formes de « start-up » ou provenant d'autres industries, ces organisations nouvelles peuvent remettre en cause la position des firmes en place, tout en modifiant la transition vers un nouvel équilibre.

Aucune de ces voies n'a encore été explorée. A partir des concepts développés et de la méthodologie proposée, des éléments nouveaux pourront venir enrichir le domaine de recherche propre à la dynamique de l'adaptation d'industries.

BIBLIOGRAPHIE

- Abernathy W.J. et Clark K.B., « Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction », *Research Policy*, 14, p.3-22, 1985.
- Abetti P., « The impact of convergent and divergent technological and market strategies on core competences and core rigidities: a exploratory study », *International Journal of Technology Management*, 1996.
- Amit R., et Schoemaker P.J.H., « Strategic assets and organizational rents », *Strategic Management Journal*, 14(1), p.33-46, 1993.
- Anderson P. & Tushman M.L., « Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change », *Administrative Science Quarterly*, p.604-633, 1990.
- Anderson P., « Complexity Theory and Organisation Science », *Organisation Science*, 10(3), p.216-232, 1999.
- Astley W.G. et A.H. Van de Ven, « Central Perspectives and Debates in Organisation Theory », *Administrative Science Quarterly*, 28, p.254-273, 1983.
- Barnett W.P., « The Organisational Ecology of Technological System », *Administrative Science Quarterly*, 35(1), p.31-60, 1990.
- Barney J.B., « Firm resources and sustained competitive advantage », *Journal of Management*, 17, p.99-120, 1991.
- Barney J.B., « Looking inside for competitive advantage », *Academy of Management Executive*, 9, p.49-61, 1995.
- Benson J.K., « Organisations: a Dialectical View », *Administrative Science Quarterly*, 22, p.1-21, 1977.
- Boisot M. E et Child J., « Organisation as Adaptive Systems in Complex Environments: the Case of China », *Organisation Science*, 10(3), p.236-252, 1999.
- Bruderer E. et Singh J., « Organisation Evolution, Learning and Selection: a Genetic-Algorithm Based Model », *Academy of Management Journal*, 39(5), p. 1322-1349, 1996.
- Burgelman R. et Grove A., « Strategic dissonance », *California Management Review*, 38, 1996.
- Burgelman R., « Fading memories: A process theory of strategic business exit in dynamic environment », *Administrative Science Quarterly*, 39, p.24-56, 1994.
- Calori R., M. Lubatkin, P. Very et J.F. Veiga, « Modeling the origins of nationally bound administrative heritages: a historical analysis of French and British firms », *Organisation Science*, 8(6), p.681-696, 1997.
- Chakravarthy B., « Adaptation, a promising metaphor for strategic management », *Academy of Management Review*, 7, 1982.
- Child J., « Organisation structure, environment and performance: the role of strategic choice », *Sociology*, 6(1), p.1-22, 1972.
- Child J. « Strategic choice in the analysis of action, structure, organisation and environment: Retrospect and prospect », *Organisation Studies*, 18(1), p.43-76, 1997.
- Christensen C. et Bower B., « Customer power, strategic investment and the failure of leading firms », *Strategic Management Journal*, 17(3), p 197-218, 1996.
- Christensen C., « The rigid disk drive industry: A history of commercial and technological turbulence », *Business History Review*, 67, p 531-588, 1993.
- Cohen W. et Levinthal D., « Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation », *Administrative Science Quarterly*, 35, p128-152, 1990.
- Dosi G., « Technological paradigms and technological trajectories », *Research Policy*, 11, 1982.

- Dosi G., Nelson R. et Winter S., *The Nature and Dynamics of Organisational Capabilities*, Oxford University Press, septembre 2000.
- Dougherty D., « A practice-centered model of organizational renewal through product innovation », *Strategic Management Journal*, 1992.
- Dougherty D. et Hardy C., « Sustained product innovation in large, mature organisations: overcoming innovation-to-organisation problems », *Academy of Management Journal*, 39, 1996.
- Doz Y., « Les dilemmes de la gestion du renouvellement des compétences clés », *Revue Française de Gestion*, 97, p.92-104, 1994.
- Ehrnberg E. et Jacobsson S., « Managing discontinuities: a tentative of framework », *Technology Management*, 11, 1996.
- Gersick C.J.G., « Revolutionary change theories: a multilevel exploration of the punctuated equilibrium paradigm », *Academy of Management Review*, 16(1), p.10-36, 1991.
- Gilbert R.J. et Newberry D.M.G., « Preemptive patenting and the persistence of monopoly », *American Economic Review*, 72, p.514-526, 1982.
- Girod M., *Mémoire et organisations*, Thèse du DMSp, Université Paris IX Dauphine, 1995.
- Grant R.M., « Toward a Knowledge-based Theory of the Firm », *Strategic Management Journal*, 17(S2), 1996.
- Greiner L.L., « Evolution and Revolution as Organisation Grow », *Harvard Business Review*, juillet-août, p.37-46, 1972.
- Hagedoorn J., « Understanding the rationale of strategic technology partnering: interorganisational mode of cooperation and sectoral differences », *Strategic Management Journal*, 14, p.371-385, 1993.
- Hamel G., « Competition for Competences and Inter-Partner Learning Whithin Strategic Alliances », *Strategic Management Journal*, 12(S), p.83-104, 1991.
- Hamel G. et Prahalad C.K., *Competing for the Future*, Harvard Business School Press, Boston, 1994.
- Hannan M.T. et Freeman J.H., « The population Ecology of Organizations », *American Journal of Sociology*, 82, p.929-964, 1977.
- Henderson R. et Clark K. « Architectural Innovation: the Reconfiguration of Existing Product Technology and the Failure of Established Firms », *Administrative Science Quarterly*, 35, p.9-30, 1990.
- Henderson R., « The Evolution of Integrative Capability: Innovation in Cardiovascular Drug Discovery », *Oxford University Press*, p.607-632, 1994.
- Howson C., « Methods and Appraisal in the Physical Sciences: the Critical Background to Modern Science », *Cambridge University Press*, 1976.
- Iansiti M. et Clark K., « Integration and Dynamic Capability: Evidence from Product Development in Automobiles and Mainframe Computers », *Oxford University Press*, p.557-604, 1994.
- Katz M. et Shapiro C., « Network externalities, competition and compatibility », *American Economic Review*, 75, 1985.
- Kauffman S., *The Origins of Order: Self Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, New York, 1993.
- Kimberly J.R. et H. Bouchikhi, « The Dynamics of Organisationnal Development and Change: How the Past Shapes the Present and Constrains the Future » *Organisation Science*, 6(1), p.9-18, 1995.
- Kleindorfer G.B., O'Neill L. et Ganeshan R., « Validation in Simulation: Various Positions in the Philosophy of Sciences », *Management Science*, 44(8), p.1087-1099, 1998.
- Leonard-Barton D., « Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development », *Strategic Management Journal*, 1992.

- Leonard-Barton D., *Wellsprings of Knowledge, building and sustaining the sources of innovation*, Harvard Business School Press, 1995.
- Levinthal D.A., « Adaptation on Rugged Landscapes », *Management Science*, 43(7), p.934-950, 1997.
- Levinthal D.A. et Warglien M., « Landscape Design: Designing for Local Action in Complex Worlds », *Organisation Science*, 10(3), p.341-357, 1999.
- Lewin A.Y. et H.W. Volberda, « A Framework for Research on Strategy and New Organisational Forms », *Organisation Science*, 10(5), p.519-534, 1999.
- Lomi A. et Larsen E., « Interacting Locally and Evolving Globally: a Computational Approach to the Dynamics of Organisational Population », *Academy of Management Journal*, 39(5), p. 1287-1321, 1996.
- Lynn G., « New Product Team Learning: developing and profiting from your knowledge capital », *California Management Review*, 40, 1998.
- March J., « Exploration and Exploitation in Organizational Learning », *Organization Science*, 2(1), 1991.
- Masush P. et M Lapotin, « Beyond garbage cans: an AI model of organisational choice », *Administrative Science Quarterly*, 34(1), p.38-67, 1989
- Mc Kelvey B., « Quasi-natural organisation science », *Organisation Science*, 8(4), p.351-380, 1997.
- Mc Kelvey B., « Avoiding complexity catastrophe in coevolutionary pockets: strategies for rugged landscapes », *Organisation Science*, special issue, 10(3), p.294-321, May-June 1999.
- Mc Kelvey B., « Complexity theory and organisation science: Seizing the promise or becoming a fad ? », *Emergence*, 1(1), p.5-32, 1999.
- McDaniel R.R. et Walls M.E., « Professional organisations stuck in the middle: A complex adaptive systems approach to achieving organisational turnaround in adverse situations », *Advances in Applied Business Strategy*, 5, p.131-152, 1998.
- Miner A.S., Amburgrey T.L. et Stearns T.M., « Interorganisational Linkages and Population Dynamics: Buffering and Transformational Shields », *Administrative Science Quarterly*, 35(4), p689-713, 1990.
- Morel B. et Ramanujam R., « Through the Looking Glass of Complexity: the Dynamics of Organisations as Adaptive and Evolving Systems », *Organisation Science*, 10(3), p.278-293, 1999.
- Morgan G., *Images of Organization*, Sage Publications, 1997.
- Nelson R. et Winter S., *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1982.
- Nonaka I., « Creating order out of chaos: self-renewal in Japanese firms », p57-73, Spring 1988.
- Nonaka I. et Takeuchi T., *The Knowledge-Creating Company*, Harvard University Press, 1995.
- Penrose E., *The theory of the growth of the firm*, 1959.
- Pisano G., « Knowledge, Integration, and the locus of Learning: a Empirical Analysis of Process Development », *Strategic Management Journal*, 12(S2), p.80-100, 1994.
- Porter, M.E., *Competitive Strategy*, Free Press, New York, 1980.
- Powel W.W., Koput K.W. et Smith-Doerr L., « Interorganisational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology », *Administrative Science Quarterly*, 41, p.116-145, 1996.
- Prigogine I. et I. Stengers, *Order out of chaos: man's dialogue with nature*, New York: Bantam books, 1984.
- Rivkin J.W., « Imitation of Complex Strategies », *Management Science*, 46(6), p.824-844, 2000

- Rumelt R.P, Toward a strategic theory of the firm, issu de *Competitive strategic Management*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, p.556-570, 1984.
- Schumpeter J.A., *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper Brothers, NY, 1950.
- Schumpeter J.A., *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, 1934.
- Senge P.M., *The Thith Discipline*, Doubleday, New York, 1990.
- Shapiro C., « The Theory of Business Strategy », *Journal of Economics*, 20, p.125-137, 1989.
- Stacey R.D., « The science of complexity: An alternative perspective for strategic change processes », *Strategic Management Journal*, 16(6), p.477-495, 1995.
- Stuart T.E., « Interorganisational alliances and the performance of firms: a study of growth and innovation rates in high-technology industry », *Strategic Management Journal*, 21(8), p.791-811, 2000.
- Sveiby K., *The New Organisational Wealth: managing and measuring knowledge-based assets*, B.K. Publishers, San-Fransisco, 1997.
- Teece D. « Firm organisation, industrial structure and technological innovation », *Journal of Economic Behavior and Organisation*, 31, 1996a.
- Teece D., « Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy », *Research Policy*, 15, p285-305, 1996b.
- Teece D., Pisano G. et Shuen A., « Dynamic Capabilities and Strategic Management », *Strategic Management Journal*, 18(7), p.509-534, 1997.
- Thiétart R.A. et Forgues B., « Chaos theory and organisation », *Organisation Science*, 6(1), p.19-31, 1995.
- Thiétart R.A. et Forgues B., « Action, Structure et Chaos », *Organisation Studies*, 18, p.119-143, 1997.
- Tripsas M., « Unraveling the process of creative destruction: Complementary assets and incumbent survival in the typesetter industry », *Strategic Management Journal*, 18(S1), p.119-142, 1997.
- Trinquecoste J.F., « Pour une clarification du lien marketing-stratégie », *Recherche et Application en Marketing*, 14(&), p.59-80, 1999.
- Tushman L.M. et Anderson P., « Technological discontinuities and organisational environments », *Administrative Science Quarterly*, 31, 1986.
- Van de Ven A.H. et Huber G.P., « Longitudinal Field Research Methods for Studying Processes of Organisational Change », *Organisation Science*, 1(3), p.213-219, 1990.
- Van de Ven A.H. et Polley D., « Learning while innovating », *Organisation Science*, 3(1), p.92-116, 1992.
- Van de Ven A.H. et Poole M.S., « Explaining Development and Change in Organizations », *Academy of Management Review*, 20 (3), p.510-540, 1995.
- Virany B., Tushman M. et Romanelli E., « Executive succession and organisation outcomes in turbulent environments: an organisation learning approach », *Organization Science*, 3(1), p.72-91, 1992.
- Wernerfelt B., « A resource-based view of the firm », *Strategic Management Journal*, 5(2), p.171-180, 1984.
- Zajac E.J., Kraatz M.S. et Bresser R.K.F., « Modeling the Dynamics of Strategic Fit », *Strategic Management Journal*, 21(4), p.429-454, 2000.

ⁱ cf. l'approche du Bonzaï technologique : les technologies génériques (racines de l'arbre), constituent une ou des compétences technologiques (le tronc) à partir desquels de nouveaux produits vont être développés (dans les branches de l'arbre).

ⁱⁱ Teece (1996) identifie cinq configurations structurelles « types ». La plus réactive et la plus flexible, dite « Silicone Vallée », se positionne comme suit sur les cinq dimensions considérées : liens externes forts, structure hiérarchique aplatie, changement de culture fort, spécialisation forte, intégration moyenne.

ⁱⁱⁱ « De plus en plus, la concurrence entre les organisations repose moins sur l'accès à des ressources ou à des marchés [...] que sur l'accès au savoir » (March, 1994). Cette phrase mesure l'ampleur que le paradigme interne allié à la gestion des connaissances (Nonaka et Takeuchi, 1995, Grant, 1996) a pris dans les années 90.

^{iv} Dans le champ de l'Economie, Léon Walras avait entrepris de modéliser l'équilibre général dès 1874 mais s'était heurté à la contrainte d'interdépendance des marchés. Ne disposant pas à cette époque des outils mathématiques nécessaires, ce dernier n'avait pu aboutir. C'est ensuite Alfred Marshall qui en 1890 décrivit non pas le fonctionnement de l'ensemble des marchés mais le fonctionnement d'un marché (équilibre partiel) sous l'hypothèse « toutes choses égales par ailleurs ». Il fallut attendre les années 50 pour que Kenneth Arrow et Gérard Debreu parviennent à modéliser l'équilibre général, à l'aide d'enseignements disparates du passé.

^v La mémoire organisationnelle a trois dimensions : déclarative, procédurale et de jugement (Girod, 1995).

^{vi} Le concept d'intelligence organisationnelle étend et complexifie l'apprentissage organisationnel selon deux axes :

- Il permet la diffusion du concept d'intelligence économique, réservé jusqu'alors au sommet de la hiérarchie, à l'ensemble de l'organisation.

- Il met l'accent sur la dépendance de l'organisation vis-à-vis de sa mémoire lors de changements dans l'environnement. Lorsqu'un environnement change lentement, la mémoire organisationnelle peut aider l'organisation. Les solutions précédemment apprises n'ont qu'à être extraites et réappliquées aux cas semblables. Au contraire, lorsque l'environnement change rapidement, cette mémoire peut entraîner l'entreprise dans une mauvaise direction, la bloquant dans un mode de pensée et d'action qui n'est plus adapté. C'est dans ce cas précis que la faculté propre à l'organisation de repérer, de comprendre et d'intégrer les changements environnementaux va influencer sur ses performances.

^{vii} De nombreux auteurs considèrent que l'innovation est la principale source d'apprentissage, par essai erreur (Van de Ven et Polley, 1992), grâce à l'expérimentation (Leonard-Barton, 1995), et au niveau du développement de produit (Dougherty, 1992, Iansiti et Clark, 1994 ; Pisano, 1994 ; Lynn, 1998).

^{viii} Van de Ven et Poole (1995) intègrent caractéristiques et processus pour déterminer quatre théories «fondamentales» de changement: évolutionniste, dialectique, du cycle de vie, et téléologique. Leur positionnement se réalise à partir de l'unité d'analyse et du mode de changement.

^{ix} La théorie de la complexité puise dans les théories citées quelques principes fondamentaux. De la systémique, elle conserve l'idée issue de la thermodynamique que le tout est plus que la somme des parties, dans la mesure où la production d'énergie provient de l'interactions d'éléments. De la cybernétique provient le concept de rétroaction : à la ligne succède le cercle. Enfin, les structures dissipatives et la notion d'ordre spontané découlent de l'auto-organisation.

^x Hamel et Prahalad (1994), dans leurs efforts de « transmission de savoir » aux dirigeants, apportent l'exemple de l'introduction d'Oracle sur le marché de l'informatique en réseau. L'utilisation d'un serveur pour gérer les liens des membres du réseau a fait basculer très rapidement le secteur d'un équilibre à un autre (ici en terme de part de marché des systèmes rivaux).