

Complexite de L'innovation Technologique

*Ali Smida**

A2ID, Association Internationale et Interdisciplinaire de la Décision - CR2S-Management, IGS - CREGEM, Université de Paris 13

Resumen

El artículo plantea una aproximación teórica al tema de la innovación tecnológica a partir de los postulados del paradigma de la complejidad. Su propósito es comprender los procesos de innovación tecnológica en las organizaciones, superando el modelo adaptativo según el cual la conducción estratégica de la tecnología consiste en la adecuación mecánica a las condiciones de competencia impuestas por el mercado y que, en consecuencia, concibe la innovación tecnológica como impuesta a la organización. El artículo sostiene, por el contrario, que dicha adaptación resulta problemática dada la complejidad inherente al fenómeno organizacional (incertidumbre, inestabilidad, no-linealidad, sensibilidad a las condiciones iniciales, autorregulación, cohabitación de orden y desorden, etc.) y a los procesos mismos de innovación tecnológica. La comprensión del carácter complejo de dichos procesos, así como la capacidad de actuar consecuentemente con dicha complejidad, son factores esenciales para la lograr la permanencia de la organización en el tiempo.

Abstract

This article makes a teorical approach to technological innovation from complexity paradigm. The purpose is to understand the technological innovation processes in organizations going further than that adaptative model, according to which strategic management of technology consists on mechanical adaptation to competence environment imposed by the market, conceiving technological innovation as an imposition to the organization. The article affirms, on the contrary, that such adaptation is difficult because of the complexity of organizational phenomenon (uncertainty, non linearity, sensibility to initial conditions, self-regulation, cohabitation of order and disorder) and technological innovation processes. The understanding of the complexity of such processes and the capability of acting according to that complexity are essential factors to achieve the sustainability of organization through time.

* Docteur d'Etat en Sciences Gestion, docteur en Pharmacie, Ingénieur des Grandes Ecoles et diplômé de 3^{ème} cycle en Physique Nucléaire; Maître de conférences, habilité à diriger les recherches en Sciences de Gestion (Université de Paris 13); Directeur du Master «Gestion des Entreprises - secteur sanitaire et social» à l'Université de Paris 13; Enseignant invité pour animer des séminaires en Prospective Stratégique dans plusieurs universités (Allemagne, Colombie, France, Pologne, Roumanie, Sénégal, Tunisie,...); Co-fondateur du «Groupe Vision-Prospective» de l'Université de Caen; Président de l'Association Internationale et Interdisciplinaire de la Décision (A2ID); Responsable du cours «Management anticipatif » à l'université en ligne de Tunis (UVT), du cours de prospective stratégique dans plusieurs universités de plusieurs pays.

Introduction

Quels que soient son secteur et sa taille, l'entreprise d'aujourd'hui essaie, pour être compétitive de faire appel aux technologies les plus avancées de son univers stratégique (Durand et al., 1998). Son insertion dans un mouvement d'innovation permanente, devient nécessaire à sa survie dans un monde où la technologie la plus avancée constitue désormais un avantage concurrentiel de premier rang (Foster, 1982, 1986; Gille, 1978; Mensch, 1975; Schumpeter, 1939). Mais malgré les nombreuses mises en garde et les appels pour que l'homme (et l'entreprise) gouvernent et orientent les sciences et techniques (Berger, 1959; Hart et Milstein, 1999, Sharma, 2001), la dynamique de l'innovation technologique semble échapper à toute maîtrise totale de la part des entreprises. C'est ce qui a conduit, dans le domaine de la stratégie, à des références répétées à la théorie de l'écologie des populations des organisations (Hannan et Freeman, 1989), traduisant la prédominance du paradigme de l'adaptation. Ce paradigme postule que «la position concurrentielle occupée par une entreprise dépend de sa capacité à adapter l'état de son potentiel compétitif aux variables clés de succès qui caractérisent un marché clairement identifié; la fonction essentielle de la stratégie consiste alors à rechercher les conditions optimales de cette opération» (Castro et al., 1998). Ainsi, dans l'environnement concurrentiel d'aujourd'hui, très souvent, l'innovation technologique s'impose à l'entreprise. Et quand l'entreprise se trouve dans l'obligation de l'adopter, elle ne peut, dans la plupart des cas, même pas la maîtriser complètement.

Ce travail cherche à comprendre le processus de complexification de l'innovation technologique qui semble mener à une perte de liberté de l'entreprise. Une meilleure compréhension de la complexité de la technologie pourrait cependant aider l'entreprise à mieux s'adapter à son environnement technologique. La technologie, en étant elle-même un phénomène complexe, peut servir à mieux appréhender la complexité.

1. Concepts de la complexité : cas de l'innovation technologique

1.1. Qu'est-ce la complexité ?

À la question «Qu'est-ce que la complexité?» qu'il se pose, Edgar Morin (1990, p. 48) répond qu'à «première vue, c'est un phénomène quantitatif, l'extrême quantité d'interactions et d'interférences entre un très grand nombre d'unités».

Cependant, on ne peut parler de complexité suite aux quantités de paramètres, d'interactions que si ces «quantités d'unités et d'interactions défient nos possibilités de calcul; elle comprend aussi des incertitudes, des indéterminations, des phénomènes aléatoires» (Morin, 1990, p. 49). Une première ébauche de définition, mettant en avant cette incomplétude de notre appréhension de ce genre de phénomène, serait par exemple celle qui considère comme complexe «tout phénomène qui échappe pour partie à notre compréhension et à notre maîtrise» (Genlot, 1992, p. 30). Un phénomène est dit complexe s'il n'est jamais totalement compris ou totalement expliqué ou totalement maîtrisé quels que soient les efforts fournis, les moyens

déployés et le temps consacré.

1.2. Des catégories de complexité

Les auteurs qui se sont penchés sur les concepts de complexité (Morin, 1990, Le Moigne, 1990; Stacey, 1995; Genelot, 1992) relèvent cependant plusieurs sortes de complexité:

- Les complexités liées au désordre et celles liées à des contradictions logiques (Morin, 1990, p. 91);
- Les complexités temporelles et celles qui sont spatiales qui portent sur des phénomènes qu'on n'arrive pas à caractériser dans le temps ou dans l'espace (La Recherche, 1993);
- Les complexités peuvent aussi être distinguées selon des niveaux qui vont de celui de l'identification du phénomène jusqu'à celui auquel le phénomène fixe lui-même sa finalité, en passant par des niveaux intermédiaires de régulation, de coordination des décisions d'action, d'imagination et conception de nouvelles décisions possibles, de choix de décisions, etc (Le Moigne, 1990, p. 58-64).

Ces auteurs arrivent souvent à ramener les complexités à deux grandes catégories, la complexité d'abondance et celle de sens, qui ne sont pas mutuellement exclusives :

- la complexité d'abondance est d'ordre quantitatif. Dans ce cas, le nombre élevé d'éléments, de paramètres, de relations, d'interdépendances constitue un obstacle insurmontable à la compréhension, à l'explication et à

la maîtrise du phénomène ;

- la complexité de sens est d'ordre qualitatif. Elle brouille la lisibilité et le contrôle du phénomène. Les difficultés proviennent non pas du nombre mais du contenu des relations et des comportements des éléments.

Certains phénomènes cumulent les complexités d'abondance et de sens, limitant ainsi davantage nos capacités de les appréhender.

2. La complexité du phénomène technologique

2.1. L'innovation technologique, un phénomène complexe

Joseph Schumpeter (1939) a développé l'idée que l'innovation a pour but d'être à l'origine de profits, alors que l'invention procède d'une logique non économique et est menée dans une sphère purement technique. L'invention est la mise au point d'une combinaison qui permet de créer un produit nouveau, un instrument ou un appareil qui n'existait pas auparavant. Elle ne peut accéder au stade d'innovation que grâce au filtre du marché, autrement dit grâce à sa diffusion auprès des utilisateurs ou des consommateurs.

Mais, suite au rôle, de plus en plus important, que joue la recherche scientifique, à la fois dans l'invention et l'innovation, et suite aux proximités temporelles et spatiales de ces deux phénomènes, il devient de plus en plus difficile d'en faire la distinction avec précision. Certains auteurs (Le Duff et Matsseu, 1991) parlent même

«d'innovation» pour traduire la "fusion" qui s'en est suivie.

L'innovation technologique apparaît ainsi, non seulement mue par la traction du marché (Market pull), mais aussi par la poussée de la recherche scientifique (Science push). C'est un processus évolutif et dynamique qui s'inscrit dans des interactions entre la recherche et le marché, entre la diffusion des produits et procédés et leurs améliorations (Smida, 1996). Elle s'insère aussi dans un processus de diffusion pour atteindre l'ensemble des firmes utilisatrices du procédé de fabrication ou l'ensemble des consommateurs du produit. L'imbrication des relations ne s'est pas faite uniquement le long du processus autrefois linéaire caractérisé par une succession d'étapes allant de la recherche à la production, en passant par l'invention et l'innovation, mais aussi par le décroisement des disciplines et des secteurs.

En effet, depuis plus de trois décennies, et en particulier avec le début de la révolution informatique, le système technique classique, caractérisé par le cloisonnement des sciences, des technologies et des secteurs et dont le passage de l'amont (recherche fondamentale) vers l'aval (production et distribution, utilisation/consommation) était linéaire et jalonné d'étapes bien distinctes, est progressivement remplacé par un système technique nouveau où toutes les composantes et tous les niveaux sont en interaction.

2.2. L'innovation technologique, moteur de la complexification du système technique

Tous ces mouvements ont pour conséquence un double rapprochement: vertical et horizontal. Le rapprochement est vertical car l'amont scientifique conquiert l'aval, c'est-à-dire la production et même la distribution. L'intégration de la science dans le système technique et la montée de l'immatériel facilitent l'accès aux connaissances théoriques et accélèrent leurs traductions dans les produits et les procédés.

Le rapprochement horizontal est favorisé par la quasi-disparition des frontières entre les disciplines scientifiques, entre les technologies et entre les secteurs, suite aux mouvements de convergence, de fédération-regroupement, combinatoires et transversaux (Smida, 2004). Ainsi, le système classique, caractérisé par le cloisonnement des sciences, des technologies et des secteurs et dont le passage de l'amont vers l'aval était linéaire et jalonné d'étapes bien distinctes, est remplacé par un système technique nouveau où toutes les composantes et tous les niveaux sont en interaction.

Une telle situation, par effet de rétroaction, accélère les divers mouvements qui lui ont donné naissance. Cette interpénétration participe à la complexification du système technique. L'émergence de réseaux de plus en plus denses, à l'intérieur du système technique et entre celui-ci et son environnement, contribue à la répercussion rapide de toute avancée technologique dans les différentes branches industrielles. Les produits nouveaux sont vite adoptés par le marché qui en demande l'amélioration croissante, etc. Il y a ainsi une dynamique d'accélération entretenue par la structure du système technique.

Si les recherches sur l'évolution du système technique aboutissent, selon leurs auteurs, à des conclusions divergentes quant à l'accélération du progrès technique, elles ont plutôt des conclusions convergentes quant au rôle dominant de l'environnement dans la direction et le rythme imposé aux innovations. Ainsi par exemple, les théoriciens des cycles longs économiques proposent des lectures différentes des rythmes d'innovations lors des périodes du cycle économique, mais admettent qu'il y a des accélérations d'un cycle à l'autre: Gerhard Mensch (1975) place l'apparition des innovations radicales pendant les dépressions profondes des cycles économiques, pour Schmookler (1968), la période de prospérité est plus fertile en matière d'innovation, alors que pour Freeman (1986), les phases du cycle ne déterminent pas ce phénomène.

2.3. Les entreprises face à la complexité du phénomène technologique : innover ou mourir

En tous cas, un tourbillon s'est mis en place imposant aux entreprises le choix entre leur insertion dans une dynamique de l'innovation technologique et leur disparition. Le système technique actuel se caractérise alors par des métamorphoses et par des ruptures technologiques (Gille, 1978). Les entreprises qui n'arrivent pas à suivre ce rythme d'innovation et à s'adapter au changement sont désorientées et finissent par disparaître. Seules les entreprises innovantes continuent d'avoir un avantage concurrentiel (Foster, 1982, 1986). Elles contribuent ainsi à alimenter la dynamique de l'innovation, elles sont condamnées à innover et sont ainsi prises dans le tourbillon du changement

technologique

Le mouvement d'innovation se renforce par l'entrée dans le système de nouvelles entreprises innovantes qui, grâce à une plus forte compétitivité, viennent remplacer celles qui disparaissent. L'intensité concurrentielle s'en trouve fortement augmentée, ajoutée à des menaces d'apparition de nouveaux produits de substitution (Porter, 1982). L'incertitude, la confrontation des logiques, l'instabilité de l'équilibre entre entreprises se trouvent renforcées. Les nouveaux entrants peuvent également se positionner sur de nouveaux créneaux ou encore s'attaquer ou s'allier dans des opérations innovantes à celles qui sont encore en place (Besen et Farrel, 1994; Foraylg, 1989).

Ces mouvements d'accélération de l'innovation contribuent à l'accroissement de la turbulence et de la complexité du système technique. S'ensuivent alors de nouvelles métamorphoses du système technique et de nouvelles ruptures technologiques. Ainsi, il y a une boucle autoaccélétratrice de la complexité de l'innovation technologique.

L'innovation technologique n'est pas totalement maîtrisable par les entreprises, même si la compréhension peut être a posteriori «rationalisable». La dynamique des mécanismes de l'innovation technologique échappe, en grande partie à la compréhension et à la maîtrise quels que soient les efforts fournis et le temps passé pour essayer d'y arriver. Bien au contraire, le constat qui se dégage est que la maîtrise de l'innovation technologique échappe aux entreprises :

- En matière de rythme. Celui-ci

dépend en grande partie, non pas de l'entreprise, mais de la phase du cycle de vie de la technologie, du secteur ou encore de la phase du cycle long.

- Sur le plan quantitatif. Le nombre d'interactions est tellement important que cette quantité dépasse les capacités de l'entreprise (Simon, 1991).
- En matière de sens. L'innovation technologique ne se limite pas aux améliorations de produits et procédés; elle les dépasse pour inclure l'acceptabilité sociale, les impacts sur l'environnement, la valeur stratégique pour l'entreprise, les motivations (le pourquoi) de cette innovation. Pourquoi certaines innovations restent-elles au stade d'invention et ne passent pas avec succès le stade du marché? Les réponses sont multiples et parfois contradictoires.

Tout ceci montre la difficulté à saisir la plupart des aspects de l'innovation technologique. Nous pouvons alors parler du phénomène complexe de l'innovation technologique. Cette complexité est à la fois d'abondance et de sens.

La complexité d'abondance de l'innovation technologique se manifeste par exemple par l'infinité de produits possibles, de paramètres susceptibles d'être améliorés, des causes et des conséquences de chaque amélioration et/ou diffusion de produit et/ou de procédé. Les débats et confrontations entre technophiles et technophobes (Cazes, 1986), la place de l'éthique, etc sont des manifestations des interprétations multiples et contradictoires. Même si l'innovation technologique

pouvait avoir un sens relativement déterminé sur le plan techniciste (amélioration d'un paramètre d'un produit ou d'un procédé entraînant ou entraînée par une demande du marché), le concept d'innovation technologique au sens large reste mal délimité: nous restons en présence d'une complexité de sens.

3. Principes et attributions de la complexité : cas de l'innovation technologique

3.1. Quelques approches de la complexité

Pour aborder la complexité, plusieurs approches ont été proposées par certains chercheurs de disciplines diverses. La cybernétique, suite aux travaux de Norbert Wiener, tout en prenant conscience de la complexité, a essayé d'élucider l'examen des phénomènes complexes en prenant la précaution de les symboliser par des «boîtes noires» et en se contentant d'en étudier les intrants et les extrants (les inputs et les outputs). «Quand la cybernétique a reconnu la complexité, ce fut pour la contourner, la mettre entre parenthèses, mais sans la nier: c'est le principe de la boîte noire (black-box); on considère les entrées dans le système (inputs) et les sorties (outputs), ce qui permet d'étudier les résultats du fonctionnement d'un système, l'alimentation dont il a besoin, de relier les inputs et outputs, sans entrer toutefois dans le mystère de la boîte noire.

Or, le problème théorique de la complexité, c'est celui de la possibilité d'entrer dans les boîtes noires. C'est considérer la complexité organisationnelle et la complexité logique.

Ici, la difficulté n'est pas seulement dans le renouvellement de la conception de l'objet, elle est dans le renversement des perspectives épistémologiques du sujet, c'est-à-dire l'observateur scientifique; le propre de la science était jusqu'à présent d'éliminer l'imprécision, l'ambiguïté, la contradiction.

Or, il faut accepter une certaine imprécision et une imbrication certaine, non seulement dans les phénomènes, mais aussi dans les concepts, et un des grands progrès de la mathématique d'aujourd'hui est de considérer les fuzzy sets, les ensembles imprécis» (Morin, 1990, p. 49-50).

L'approche systémique, suite aux travaux de Ludwig von Bertalanffy, s'est hasardée dans les méandres de la complexité en s'essayant à une approche globale, permettant de limiter les approches classiques et cartésiennes de disjonction/réduction.

Plus tard, certains auteurs ont développé la pensée globale, tout en privilégiant la réflexion systémique (Probst et Ulrich, 1989), d'autres ont proposé l'approche prospective (Smida, 1997), d'autres encore (Le Moigne, 1990) ont essayé d'établir une modélisation de la complexité, tout en distinguant des niveaux différents, d'autres encore ont proposé ce qu'ils appellent la pensée complexe (Morin, 1990). Celle-ci repose sur trois principes fondateurs: celui de la dialogique, celui de la récursivité et celui hologrammatique.

1. Le principe de la dialogique traduit la multiplicité de logiques qui traversent un phénomène complexe. Ces logiques sont non

seulement diverses mais parfois aussi contradictoires et génératrices de démarches heuristiques, contingentes, procédurales, d'où une multiplicité d'objectifs, de solutions, de futurs (Simon, 1991; Morin, 1990; Kechidi, 1998). Le processus de l'innovation technologique est caractérisé par l'imbrication entre cause et effet, traversée par des logiques multiples: celles du marketing, des scientifiques, des technophiles, des technophobes, logique purement technologique (image de marque technologique de l'entreprise ou du pays), etc. Mais pluralité de logiques ne veut pas dire incohérence: si à chaque niveau de complexité, il y a une logique différente, à l'échelle globale une méta-logique (un attracteur étrange, disent certains) gouverne l'ensemble et lui confère la cohérence nécessaire.

2. Le principe de la récursivité exprime le renouvellement du phénomène complexe et son ajustement par rapport à sa finalité. Le phénomène se régénère sans cesse avec une partie de ses anciens ingrédients, tout en intégrant d'autres ingrédients qui lui permettent à la fois d'évoluer vers sa finalité et de s'adapter à son environnement. Ainsi, il «se construit» au fur et à mesure et participe à la «construction» de la réalité. L'innovation technologique s'appuie sur les technologies existantes (Deforge, 1985) pour aller plus loin dans la recherche de nouveaux produits et procédés en y intégrant des aspects et propriétés inédits. Ils construisent son

environnement et se construit (David, 1998). La récursivité: l'innovation techno se nourrit d'elle-même. Elle avance grâce aux ingrédients de l'ancienne technologie suite à des processus de destructions créatrices (Schumpeter, 1939).

3. Le principe hologrammatique insiste sur le lien très fort entre le tout et la partie, entre le global et le local. La quasi-totalité de l'information du phénomène se retrouve dans chacune de ses composantes. Il y a ainsi une répétition, une reconduction et une «reconstruction» des différents niveaux du phénomène. L'innovation technologique ne peut exister par elle-même. Elle s'insère dans son environnement technologique dont elle est partie intégrante. Par ailleurs, le système technique n'existerait pas sans ce mouvement permanent d'innovation. Le tout (le progrès technique) et la partie (l'innovation technologique) sont les deux faces d'une même pièce de monnaie. Par ailleurs, innovations de produits et de procédés sont intimement liées et renforcent les liens entre la technologie, le secteur et le système technique dans sa globalité (Smida, 1996).

3.2. L'innovation technologique, phénomène complexe au service de la maîtrise de la complexité

Le phénomène complexe est évolutif et dynamique. Ce qui est complexe aujourd'hui peut ne plus l'être demain, si nous trouvons les méthodes et outils de le

nous trouvons les méthodes et outils de le comprendre, de le maîtriser, de le prévoir. Si des efforts aboutissent à la compréhension du phénomène, à la prévision de son évolution, à sa maîtrise, il ne peut plus être qualifié de complexe, mais seulement de compliqué. La compréhension et la maîtrise d'un phénomène le déplace de la catégorie des phénomènes complexes à celle des compliqués et même à celle de phénomènes simples. Ainsi, on peut parler de complexité en sciences physiques, médicales, biologiques,... tant que l'état des sciences ne permet pas de comprendre, d'expliquer ou de maîtriser le phénomène physique en question: ses évolutions restent par conséquent encore imprévisibles (La Recherche, 1993). Mais dès que l'on dispose d'outils pour réaliser ces activités, ce phénomène ne sera plus considéré comme complexe mais comme compliqué. La complication est régie par des lois que l'être humain a réussi à dégager, grâce à l'expérience, à des efforts et au raisonnement. Ainsi avant l'introduction de la science démographique par Alfred Sauvy (1938), avancer des prévisions démographiques était complètement hors d'imagination. D'ailleurs les critiques adressées aux premiers écrits de Sauvy sont significatives: est-il possible d'être derrière chaque porte pour pénétrer la vie intime des gens et pour savoir s'ils ont envie de faire des enfants? est-il possible de pénétrer les secrets des dieux pour savoir le nombre de décès dans les années ou les décennies à venir? Pourtant, les recherches en démographie, l'étude des tendances et la loi des grandes nombres, le recours aux possibilités qu'offre la technologie de l'informatique font qu'aujourd'hui la démographie est l'une des sciences humaines les plus exactes. Même si la

démographie n'est pas totalement maîtrisée, elle peut être prévue. Les programmes de limitation des naissances ont réussi dans la plupart des pays qui s'en sont donné les moyens.

Pendant des millénaires, l'homme était impuissant face aux épidémies des maladies infectieuses. Pour lui, il s'agissait de phénomènes dont il ne comprenait ni l'origine, ni le processus ni le remède. Il cherchait des explications irrationnelles et brûlait des innocents taxés de sorciers et de porte-malheurs. Ce n'est que grâce aux découvertes dans le domaine de la microbiologie que le voile du mystère des maladies infectieuses a été levé. Chaque nouvelle découverte dans ce domaine a contribué à transférer la complexité vers la complication donc vers la compréhension et la maîtrise du phénomène. Avant Pasteur et Fleming, on ne comprenait pas, on ignorait même l'existence des microbes. Après les avancées scientifiques, on a découvert l'existence des pathologies infectieuses, on en a expliqué les processus, on a pu en prévoir l'évolution et on a pu les maîtriser: guérison ou prévention (vaccin). On peut même la vouloir: armes biologiques.

Ainsi, plus on avance dans la connaissance, plus le degré de complexité devient faible, jusqu'à arriver à la complication même (peut-être à la simplicité).

Conclusion

L'innovation technologique constitue un phénomène incontournable pour l'entreprise d'aujourd'hui. Elle possède de nombreuses caractéristiques qui empêchent l'élucidation et la maîtrise:

incertitude, instabilité, non-linéarité, sensibilité aux conditions initiales, autorégulation, inachèvement, cohabitation d'ordre et de désordre, incomplétude,... Mais comme tout phénomène complexe, l'innovation technologique, tout en étant une source de dangers, peut constituer, pour l'entreprise, un creuset d'atouts. En effet, l'entreprise se trouve face aux attributs de la complexité qu'elle offre l'innovation technologique.

- Les logiques qui gouvernent l'innovation technologique sont multiples et souvent contradictoires d'accélération et de freinage. Ces forces font que le phénomène technologique est en perpétuel changement, inachèvement,...
- Les forces d'accélération et de freinage tirent dans des directions différentes, mais au-delà de ce désordre un ordre se cherche et fait avancer l'innovation technologique qui se manifeste en particulier par l'amélioration continue des performances des produits et des procédés.

Ces mouvements dont la technologie est le siège font régner une grande instabilité: rien n'est définitivement acquis et toute innovation peut à tout moment être remise en cause par une autre innovation plus audacieuse, plus performante, moins coûteuse, etc. L'état d'inachèvement du phénomène technologique fait qu'il y a toujours des frontières à repousser plus loin, des aspects à investiguer et à comprendre encore plus: le phénomène n'est donc jamais compris dans sa totalité. Il y a toujours des aspects qui restent à

découvrir ou à comprendre: l'incomplétude des démarches, méthodes et outils déployés face au phénomène technologique restent de mise et contribuent à renforcer l'incertitude.

Mais la technologie est également un moyen de mieux comprendre des phénomènes complexes, de les expliquer et même de les maîtriser. Elle offre à l'entreprise qui sait tirer profit des atouts de la complexité, l'opportunité d'être plus performante. Les entreprises qui savent manager la complexité de l'innovation technologique ont plus de chances de garantir leur pérennité.

Références

- Besen, S.M., Farrel, J. (1994) "Choosing how to Compete: Strategies and Tactics in Standardization". Dans: *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, n°2, Spring.
- Ashby, W.R. (1958) *Introduction à la cybernétique*. Paris: Ed. Dunod.
- Berger, G. (1959) "Vues prospective". Dans: *Le Monde en Devenir. Encyclopédie Française*. Ed. Société Nouvelle de l'Encyclopédie Française.
- Castro, J.-L.; Guerin, F.; Lauriol, J. (1998) "Management stratégique et gestion des ressources humaines: le modèle des "3C" en question". Dans: *Revue Française de Gestion*, n°133, mars-avril-mai, p. 75-89.
- Casez, B. (1986) *Histoire des futurs*. Paris: Ed. Seghers.
- David, A. (1998) "Outils de gestion et dynamique du changement". Dans: *Revue Française de Gestion*, n°120, p. 44-59.
- Deforge, Y. (1985) *Technologie et génétique de l'objet industriel*. Ed. Maloine S.A.
- Durand, R., Bonardi, J.Ph., Abdesselem, T., Quelin, B. (1998) "Pour une nouvelle représentation de la compétition technologique". Dans: *Revue Française de Gestion*, n°133, mars-avril-mai, p. 30-45.
- Foray, D. (1989) "Les modèles de compétition technologique: une revue de littérature". Dans: *Revue d'économie industrielle*, n°48.
- Foster, R.N. (1982) «A call for vision in managing technology». *Business Week*, N.Y., may 24th.
- Foster, R.N. (1986) *L'innovation. Avantage à l'attaquant*. InterEditions..
- Freeman, Ch. (1986) "Technologies nouvelles, cycles économiques longs et avenir de l'emploi". Dans: Salomon J.-J. ; Schmeder, G. *Les enjeux du changement technologique*. Economica.
- Genelot, D. (1992) *Manager dans la complexité. Réflexions à l'usage des dirigeants*. Paris: INSEP-Editions
- Gille, B. (1978) (sous la direction de) *Histoire des techniques. Encyclopédie de la Pléiade*. Paris: Ed. Gallimard..
- Hannan, M.T.; Freeman, J. (1989) *Organizational Ecology*. Boston: Harvard University Press.
- Hart, L.; Milstein, M.B. (1999) "Global Sustainability and the Creative Destruction of Industries», *Sloan Management Review*, n°41" vol. 1; p. 23-33.
- Ingham, M. (2001) (dossier introduit par) "L'innovation permanente". Dans: *Revue Française de Gestion*, n°133, mars-avril-mai.
- Kedichi, M. (1998) "Rationalités et contextes de décisions: un retour sur H. Simon". Dans: *Revue Internationale de Systémique*, vol. 12, n°4-5, p.419-440.
- La Recherche (1993) "Du chaos aux systèmes complexes", n°

- supplémentaire, Février, p.17-21.
- Le Duff, R.; Maisseu, A. (1991) *Management technologique*. Ed. Sirey.
- Le Moigne, J.-L. (1990) *La modélisation des systèmes complexes*. Paris: Ed. Dunod.
- Mensch, G. (1975) *Das Technologische Patt*. Ed. Umschau Verlag.
- Morin, E. (1990) *Introduction à la pensée complexe*. Paris: ESF-Editeur.
- Porter M. (1980) *Competitive Strategy. Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. The Free Press, Macmillan Publishers.
- Probst, G.J.B.; Ulrich, H. (1989) *Pensée globale et management*. Les Editions d'Organisation
- Sauvy, A. (1938) *Essai sur la conjoncture et la prévision économique*. Ed. Gallimard.
- Scmookler, J. (1968) *Inventions and Economic Growth*. Boston: Harvard University Press.
- Schumpeter, J.A. (1939) *Business Cycles. A Theoretical, historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Progress*. McGraw-Hill, N.Y., London, vol. 1, vol.2.
- Sharma, S. (2001) "L'organisation durable et ses stakeholders". Dans: *Revue Française de Gestion*, n°136, novembre-décembre, p.154-167.
- Simon, H.A. (1991) *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*. Paris: Dunod.
- Smida, A. (1996) "Life Cycle, a tool for Technological Prospective". In: Mason R.M., Lefebvre L.A., Khalil T. *Technology Management in a Changing World*. Proceeding of the Fifth International Conference on Management of Technology. Elsevier Advanced Technology, Oxford, U.K.
- Smida, A. (1997) "Approche de la complexité par la prospective". *Actes de la VIème Conférence AIMS*. Montréal.
- Smida, A. (2004) "Principales tendances Lourdes du système industriel contemporain: Esprit de l'innovation. Colloque international John Kenneth Galbraith, Paris 22-25 septembre.
- Stacey, R.D. (1995) "The Science of Complexity: an Alternative Perspective for Strategic Change Processes". Dans: *Strategic Management Journal*, vol. 63, p. 477-495, september