## La révolution technologique reste devant nous!

L'innovation : le défi de la société de l'information

## AGIR POUR LA SOCIÉTÉ DE L'INFORMATION : LA STRATÉGIE DU CIGREF



Assemblée Générale Septembre 2003



**Edito** 

Depuis 2001, le Conseil d'Administration du CIGREF a engagé une réflexion de fond autour d'un axe fondateur essentiel de notre association : la création de valeur par les systèmes d'information.

Après les années d'effervescence de la « nouvelle économie », portées par l'irrationalité de la bulle financière, où toute stratégie pouvait se résumer, si l'on écoutait imprudemment certains, à « achetez et vous verrez », la crise permet de faire le point et de donner la priorité à l'intégration, la consolidation et la fiabilité de l'existant.

La stratégie CIGREF 2005, adoptée voici deux ans, a pris le parti de rechercher la création de valeur dans l'usage des technologies plus que dans la sophistication technique. C'est cela qui intéresse nos organisations, qu'elles soient publiques ou privées. Les technologies de l'information ouvrent des opportunités, et c'est l'innovation dans les organisations, les métiers voire les modèles stratégiques qui peut améliorer la compétitivité. L'innovation devient une fonction cœur de métier, depuis l'innovation au quotidien dans l'interface hommemachine jusqu'à la percée stratégique, et le DSI y joue un rôle central.

Pour asseoir cette stratégie sur des références fiables, le conseil d'administration du Cigref s'est rapproché de la recherche mondiale en la matière. Cela lui a permis de comprendre les évolutions en cours et leur logique. Ce rapport permet d'enterrer définitivement le mythe de la « nouvelle économie » : depuis la première révolution industrielle, l'innovation suit son cours, par cycles qui voient alterner des phases d'exubérance financière irrationnelle et des phases de consolidation où la technologie est « digérée » par les organisations.

Nous vivons actuellement cette transition.

En se joignant aux grands courants de la recherche mondiale, CIGREF 2005 se propose d'apporter aux entreprises des outils opérationnels pour la gérer, tout en renforçant la capacité de l'association à être un partenaire pertinent, et donc efficace et exigeant, tant auprès des fournisseurs que des pouvoirs publics.

C'est la raison de notre active contribution au prochain Sommet Mondial de la Société de l'Information qui se tiendra à Genève en décembre 2003.

Jean-Pierre Corniou Président du Cigref

#### Résumé

Le lien entre développement des TIC, croissance du PIB et productivité des firmes semble être aujourd'hui établi, sanctionnant la fin du « paradoxe de Solow », même si les liens de causalité et la nature exacte de la contribution des TIC à la croissance restent sujets à investigation.

Par contre, et contrairement aux anticipations imprudentes des marchés financiers, les investissements en TIC ne se traduisent pas, au-delà de l'effet immédiat de substitution du capital au travail, par une meilleure profitabilité des firmes dont le taux de profit réel reste bas.

Une comparaison avec les révolutions technologiques précédentes permet de comprendre la dynamique des cycles technologiques qui s'inscrivent dans le temps long. Ce temps long est lié aux transformations en profondeur des organisations et des sociétés qui seules peuvent permettre de tirer profit des innovations technologiques.

Nous entrons dans un nouveau cycle technologique où la création de valeur repose sur des flux continus de création de connaissances qui génèrent de nouvelles opportunités basées sur la combinaison des technologies entre elles. Leur intégration dans des produits résultera d'une nouvelle architecture des processus d'innovation et des partenariats, au-delà du périmètre juridique de l'entreprise.

D'une activité support, l'innovation devient une activité centrale. Après avoir porté sur les technologies, celles-ci sont maintenant à maturité et l'heure est plus à l'intégration et à la consolidation qu'à la poursuite d'une sophistication inutile. Cela suppose et permet un rééquilibrage des relations en faveur des entreprises et organisations utilisatrices. Le soutien de ce processus requiert une évolution des cadres institutionnels où le rôle des pouvoirs publics est essentiel et une approche nouvelle du pilotage stratégique dans un environnement turbulent qui suppose un lien fort avec la recherche.



## **Table des matières**

Les 11G contribuent à la croissance du PIB et de la productivité du travail	9
La « nouvelle économie », un phénomène ancien et récurrent	11
A qui vont les bénéfices ?	12
S'inscrire dans le temps long	15
L'oubli du temps long coûte cher : le cas de l'industrie des télécommunications	19
Révolution dans l'innovation ?	20
L'intensification de l'innovation	
Crise de l'innovation chez les fournisseurs de TIC	22
L'innovation passe chez les utilisateurs	22
Où en sommes-nous et que faire ?	24
Rééquilibrer les relations fournisseurs-utilisateurs	25
• Les politiques publiques sont la clé de la performance globale	27
• La nécessaire recherche d'un nouveau consensus social	31
Conclusion : les axes de la stratégie CIGREF 2005 : Agir pour la société de l'information	34
Références bibliographiques	36
Annexes	41
• Le programme de recherche du CIGREF « SI et création de valeur »	41
<ul> <li>Tableau 1 : les 5 cycles de Kondratiev (la première révolution industrielle intègre les cycles 1 et 2, la seconde les cycles 3 et 4, la troisième est ouverte par le 5<sup>ème</sup> cycle)</li> </ul>	43
<ul> <li>Tableau 2 : Le management de l'innovation dans les économies du 4 ème et du 5 ème cycle</li> </ul>	44

## Les TIC contribuent à la croissance du PIB et de la productivité du travail

Jusqu'en 1995, la thèse dominante était celle du "paradoxe de Solow": "On voit des ordinateurs partout, sauf dans les statistiques de la productivité". Les analyses de Robert Solow faisaient apparaître une corrélation inverse entre les investissements informatiques et la productivité du travail aux Etats-Unis entre 1973 et 1995. Des explications "technoenthousiastes" ont attribué la reprise de la croissance de la productivité après 1995 à l'application massive d'Internet qui aurait fourni le "lien manquant" entre les investissements précédents.

La recherche a permis de clarifier ces phénomènes :

 La reprise de la croissance de la productivité après 1995 est surtout due à la baisse du prix des équipements qui a accru le stock de capital informatique dans les secteurs utilisateurs et à la croissance de la productivité du travail dans les secteurs producteurs. Oliner et Sichel (2000) ont montré que la croissance est due à la

combinaison de la production d'ordinateurs (accroissement de l'intensité capitalistique, soit le capital disponible par travailleur) et de leur utilisation (accroissement de la productivité totale des facteurs<sup>1</sup>).

L'impact des T.I s'explique donc avant tout par un phénomène assez classique d'accroissement du capital disponible par travailleur. Gordon (2001) est encore beaucoup plus sceptique en donnant plus de poids à des facteurs conjoncturels comme la baisse des taux d'intérêt et du chômage<sup>2</sup>.

Pour l'année 1998 aux Etats-Unis:

Investissement matériel = 1,1%

Investissement logiciel = 1,4%

Création d'intangibles = 7,5%

Soit un volume total d'investissements informatiques de 10% du PIB

Yang et Brynjolfsson (2001)

- 2. Le "paradoxe de Solow" reposait sur des données macro-économiques qui ne prenaient pas en compte la croissance des intangibles dans la production des firmes réalisant des investissements informatiques. Une firme ne fait pas qu'acheter des ordinateurs mais engage également des coûts de restructuration de ses processus qui ne doivent pas être considérés comme des dépenses mais comme l'accroissement de leur capital intangible. Yang et Brynjolfsson (2001) ont montré qu'il existait un rapport de 1 à 10 entre les coûts d'achat de matériel et de logiciel et les dépenses induites par l'implantation (particulièrement avec le développement des ERP).
- 3. Cela étant, même en réintégrant la production de ces intangibles, le "paradoxe de Solow" ne disparaît pas complètement : ces investissements constituent la phase

Les facteurs de production sont le capital et le travail : l'accroissement de la quantité de capital accroît la capacité de production, mais l'essentiel de la croissance repose sur un facteur non-quantifiable, appelé « résidu » que Robert Solow avait identifié comme étant le progrès technique. C'est le progrès technique et l'utilisation de la technologie qui contribuent à l'accroissement de la productivité globale des facteurs (PGF), ou productivité multifactorielle.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Avec le recul, Gordon revient sur cette appréciation et considère (sept. 2003) que les facteurs conjoncturels ne comptent que pour une faible part pour la période 1995-2000 et que les gains de productivité sont attribuables à une véritable inversion de tendance (2003)

initiale d'un cycle de développement dont la productivité ne peut se mesurer que dans le moyen et long terme. Dans une étude sur 527 grandes firmes américaines de 1987 à 1994, Brynjolfsson (2002) montre que la rentabilité des investissements informatiques est égale à leur coût à l'horizon d'un an, à cinq fois leur coût après cinq ans et que la productivité multifactorielle, mesurée au niveau de la firme, croît avec le temps. La rentabilité des investissements est liée à d'autres investissements, immatériels, dans la réorganisation de la firme, l'acquisition ou la création d'intangibles qui sont de l'ordre du moyen terme.

À court terme, il y a les doués pour l'innovation qui savent rapidement tirer partie de la technologie et les moins doués qui investissent par suivisme ou par effet de mode sans créer de valeur<sup>3</sup>. La performance par l'innovation repose donc essentiellement sur des **leviers non-technologiques**.

Nonobstant cette interrogation sur la rentabilité, on peut aujourd'hui soutenir que les TIC contribuent tant à la croissance du PIB qu'à l'accroissement de la productivité du travail.

C'est la Finlande qui est en tête pour la croissance de la productivité du travail, grâce à un fort secteur de production de TIC. Les Etats-Unis, premier producteur mondial de TIC, sont en tête pour la croissance du PIB et pour l'utilisation des technologies de l'information (Van Ark, 2001).

Selon l'OCDE (Information Technology Outlook, 2002), la possession d'un grand secteur de production de TIC n'est plus corrélée avec une forte contribution des TIC à la croissance, comme le montre les cas de l'Irlande et de la Finlande qui, en s'étant concentrés sur un secteur particulier de TIC, en tirent le plus grand profit.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> D'où la faible pertinence des statistiques macro-économiques en début de cycle technologique : Au début du XIXème siècle, lorsque la France s'industrialisait, les statisticiens ont publié des monographies et non des statistiques (Volle & alii, 1971)

# La « nouvelle économie », un phénomène ancien et récurrent

Le World Economic Outlook 2001 du FMI met en relief des similarités avec les révolutions technologiques précédentes :

- 1. Les nouvelles technologies ont un effet immédiat en accroissant l'intensité capitalistique dans les secteurs investisseurs, mais les bénéfices durables proviennent de la réorganisation à long terme des processus de production.
- 2. Les gains initiaux sont localisés dans les pays industrialisés et leur extension est liée à celle de la technologie. Même s'il semble que les TIC puissent se répandre plus vite que le chemin de fer (la première voie ferrée Liverpool Manchester a été ouverte en 1830 tandis que l'usage généralisé du chemin de fer attendra 1920), elles restent tributaires de l'extension de la précédente vague technologique, celle du téléphone.
- 3. Les bénéfices ont été transférés aux utilisateurs par la baisse des prix des produits dont les industries sont impactées par ces nouvelles technologies. L'industrie textile anglaise a vu les termes de l'échange se dégrader avec le développement du chemin de fer. Ce n'est que lorsque les technologies ont permis de réorganiser la production que les termes de l'échange de l'industrie britannique ont pu se redresser.
- 4. Les révolutions technologiques ont mené à des phénomènes spéculatifs sur les marchés financiers : il y a eu en Angleterre un "railroad boom" comme il y a eu aux Etats-Unis un "IT boom". L'éclatement de la bulle spéculative de la "nouvelle économie du chemin de fer" n'a pas entraîné de récession de grande ampleur mais une consolidation en profondeur de l'industrie.

Il y a toutefois, souligne l'étude du FMI, deux différences majeures :

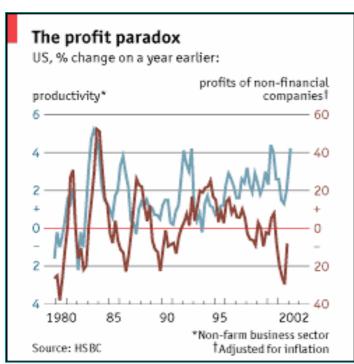
- 1. La baisse rapide des prix relatifs des TI, associée à la Loi de Moore, n'a pas d'équivalents dans les révolutions technologiques précédentes, ce qui contribue à une diffusion plus rapide de la technologie et de ses effets. Cette combinaison est originale: si le prix hédonique (prix de la technologie rapportée à la valeur de l'avantage qu'elle procure) du chemin de fer baissait par rapport aux autres modes de transport, le chemin de fer était en lui-même plus cher que les anciens modes de transport, alors que le coût du bit d'information transportée est aujourd'hui considérablement plus faible que dans tout autre mode antérieur. Mais il faut sans doute introduire ici une différence majeure entre le monde développé et les pays en développement en ce qui concerne Internet: la rapide expansion d'Internet s'est faite par l'infrastructure préexistante du réseau téléphonique, née de la précédente vague technologique. Or, l'accès au téléphone reste l'exception en dehors des pays de l'OCDE et un tiers de l'humanité n'a pas accès à l'électricité.
- 2. L'impact des TI sur les produits est beaucoup plus global: une technologie de l'information n'a pas de valeur en soi (en se substituant à une énergie existante) et n'a pas d'utilité directe comme en ont eu la vapeur ou l'électricité. C'est la combinaison de technologies dans la conception des produits qui fait leur valeur. Alors que le prix des technologies baisse, la valeur des produits provient de ce qu'ils résultent d'une architecture technologique.

### A qui vont les bénéfices ?

Dans une mutation technologique, les bénéfices se répartissent entre les producteurs, via de meilleurs profits, les salariés, par de meilleurs salaires et les producteurs, qui voient les prix baisser. Pour la III° révolution technologique, les bénéfices sont plus allés aux utilisateurs de TIC qu'aux producteurs. Ce phénomène, identique aux précédentes vagues technologiques (les gains de productivité de l'industrie textile britannique ont été, pour partie, exportés via la dégradation des termes de l'échange), est accru par la baisse du prix de la technologie. Ainsi, les pays qui tirent les meilleurs profits des TIC sont ceux qui ont un secteur producteur ciblé – qui permet d'éviter les coûts d'investissements considérables de constitution d'un grand secteur producteur – comme l'Irlande et la Finlande, tandis que les Etats-Unis, premier producteur, tirent l'essentiel de leur avantage de l'utilisation des technologies, plus que de leur production.

La raison en est que les pays producteurs exportent la technologie à des prix en baisse continuelle pour importer des produits à valeur ajoutée. L'avantage des Etats-Unis, qui jouissent d'un marché domestique important qui les met en partie à l'abri de la dégradation des termes de l'échange, n'en est que renforcé.

Le bénéfice des utilisateurs est accru par le fait que la diminution des prix hédoniques de la technologie crée un surplus social en leur faveur. Ce surplus est fonction non



seulement du niveau de la dépense en TI mais aussi de leur nature, le prix des équipements en traitement de données baissant plus vite que ceux des logiciels ou des télécoms.

Sauf dans le cas des Etats-Unis, qui, niveaux cumulant gros d'investissements, marché domestique et intensité d'utilisation des technologies, sont en tête pour le surplus social, pour les pays qui les suivent (Singapour, Nouvelle-Zélande, Australie, Royaume-Uni), il n'y a pas de corrélation automatique entre l'importance du surplus social et la performance de l'économie, notamment pour le Royaume-Uni, où la productivité reste faible et la croissance de la productivité totale des facteurs négative.

Mais il y a surtout **une corrélation négative entre surplus social et profitabilité des firmes**. Les gains de productivité partant en surplus social ne se retrouvent pas dans les profits des firmes tout en contribuant à démontrer l'efficacité de l'innovation.

Brown et Goolsbee (2000) ont analysé le développement du marché en ligne de l'assurance vie aux Etats-Unis de 1995 à 2000, qui représente un marché annuel de 2200 milliards de dollars. De 1995 à 1997, l'analyse des données empiriques, une fois réduites les autres causes de baisse des prix comme la variation de la mortalité, fait apparaître une baisse des prix de 8 à 15%, ce qui représente un surplus social de 215 millions de dollars annuels.

Les salariés porteurs des nouvelles compétences sont également, mais dans une moindre mesure, bénéficiaires de l'innovation. Mais cet avantage s'érode rapidement une fois la bulle spéculative éclatée et revenues les tensions sur la profitabilité.

L'explication repose sur une dynamique bien précise : Lorsqu'une entreprise innove, que ce soit par un produit ou une nouvelle technique de production, elle bénéficie d'un avantage concurrentiel (monopole du produit dans le premier cas, baisse du coût de production dans le second) qui lui permet de dégager un profit supérieur à la norme qui prévaut dans son secteur d'activité, ce qui provoque une hausse du cours de ses actions. Cet avantage ne dure cependant que quelques mois parce que bientôt le nouveau produit ou la nouvelle technique sont copiés par les concurrents. Alors le profit revient au niveau normal : ce sont les consommateurs qui, en définitive, bénéficient du surplus apporté par l'innovation. L'entreprise est incitée à innover de nouveau pour se créer une nouvelle occasion de « profit extra », et le cycle recommence.

Si l'on ignorait cette dynamique, l'innovation ne serait que déstabilisante et douloureuse pour l'entreprise et le risque d'échec est élevé. C'est pourquoi Xerox a longtemps refusé l'imprimante à laser qu'avaient mise au point ses chercheurs du PARC, et pourquoi les opérateurs télécoms ont longtemps refusé le téléphone mobile qui est aujourd'hui leur produit le plus profitable<sup>4</sup>.

Cette question de la profitabilité est cruciale: Freeman et Louça montrent que les cycles d'innovation technologiques ne se traduisent pas systématiquement par une disparition des firmes incarnant la vague technologique précédente. Ils constatent que les grandes firmes établies parviennent, sur le temps long, à échapper au phénomène de dépendance de sentier<sup>5</sup>, généralement par l'importance de leur capacité en R&D et à intégrer les innovations pour lesquelles les start-ups ont servi d'incubateurs. Ils remarquent en outre que les du mouvement de attendues dérégulation des compagnies télécommunication aux Etats-Unis ne sont pas venues du démantèlement des monopoles, mais de la combinaison télécoms- ordinateurs avec l'apparition d'Internet. Les nouveaux entrants ne survivent que s'ils acquièrent une dimension oligopolistique permettant de constituer des barrières à l'entrée comme il en existe dans l'industrie du microprocesseur dont les coûts d'investissements sont gigantesques.

Mais dans les deux cas, que ce soit pour un IBM devenu brillant second ou un Microsoft, **les besoins financiers sont considérables**. Les entreprises de la précédente vague technologique doivent reconfigurer leurs processus et renouveler leurs équipements tandis que les nouvelles doivent investir pour constituer leurs barrières à l'entrée.

Pendant la bulle spéculative, ce principe essentiel d'équilibre a pu sembler oublié. Son éclatement, et le passage d'une logique financière à une logique de production, ne laisse survivre que les firmes dont la profitabilité peut être durable.

Freeman et Louça font également le lien entre le taux de profit des firmes et les cycles technologiques en remarquant qu'il a été maximum aux Etats-Unis pendant la période 1956-1965, soit l'apogée du cycle de la production de masse. À partir de cette date, l'économie américaine et les économies occidentales fondées sur la production de masse vont

<sup>4</sup> Michel Volle propose une modélisation mathématique de cette dynamique sui <a href="http://www.volle.com/travaux/valeur.htm">http://www.volle.com/travaux/valeur.htm</a>.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Les structures établies sont conditionnées dans leur capacité à innover et à intégrer les innovations par leur inertie organisationnelle et décisionnelle et surtout leur capacité d'apprentissage et leurs compétences clés. De sorte qu'une firme ne peut généralement innover de manière pertinente qu'en restant sur son "sentier technologique", soit globalement son métier conçu comme schéma d'apprentissage. Il est essentiel de préciser que la dépendance de sentier est une propriété du système et des interactions qu'il est capable de générer ou de bloquer entre ses agents, et non pas une propriété des agents. Face aux difficultés d'évolution des structures, il est donc vain de s'en prendre à la "résistance au changement" des personnels.

commencer à être concurrencées par les nouveaux entrants comme le Japon qui vont introduire la production au plus juste. On se souvient des rapports du MIT à la fin des années 1980 (*Made in America, The Machine that Changed The World*) qui faisaient le procès de l'incapacité de l'économie américaine à faire évoluer ses modes de production. Mais Ronald Reagan avait entre-temps déclaré la guerre aux étoiles et donné aux Etats-Unis une maîtrise décisive sur les nouvelles technologies.

Toujours est-il que **le taux de profit actuel moyen des firmes américaines est,** soulignent Freeman et Louça, de l'ordre de **la moitié de ce qu'il était en 1948**. Cette tension entre faible profitabilité et gros besoins d'investissements pour financer l'essor des nouvelles technologies a alimenté la naissance de la bulle spéculative Internet, tant la soif de profitabilité des capitaux était forte.

Cette situation met plusieurs points à l'ordre du jour :

- 1. La rentabilité des investissements informatiques doit être un objet de préoccupation majeur: il n'y a plus aucun profit automatique à en attendre, c'est un processus lent qui passe par la reconfiguration des processus de production sinon des métiers et des modèles d'activité. Cela veut dire connaître la fonction de coût de l'informatique, or peu d'entreprises savent mesurer le service rendu, et, fascinées par la dramaturgie des « projets », sont aveugles aux coûts de maintenance, de support aux utilisateurs, etc. Mais en tout état de cause, le rendement de l'informatique ne se lit pas dans les comptes d'exploitation ni dans les statistiques de la productivité mais dans les fruits de l'innovation, et le phénomène est globalement le même depuis la première révolution industrielle.
- 2. Au-delà de l'impact des technologies sur la productivité, il faut voir comment elles deviennent un levier d'innovation pour construire un nouvel avantage concurrentiel. La recherche montre que ces leviers sont principalement non technologiques : c'est la capacité des firmes à apprendre et à inventer de nouvelles stratégies organisationnelles et concurrentielles qui fait la différence.
- 3. Le rôle des politiques publiques est essentiel, qu'il s'agisse du financement de la recherche fondamentale de manière directe ou indirecte via les budgets militaires de la création du cadre institutionnel propre au développement des systèmes nationaux d'innovation, de la formation, de la gestion des infrastructures de télécommunications, ou encore de la politique de propriété intellectuelle.
- 4. Dans un contexte de gros investissements à profitabilité faible, la question du partage des profits entre les salaires et le capital va être également essentielle, d'autant plus que le processus d'ajustement de l'appareil de production aux nouvelles technologies requiert un consensus social et une stabilité dans l'emploi qui puisse favoriser l'apprentissage par la réalisation et la capitalisation du savoir dans une entreprise qui décentralise la décision et la responsabilité
- 5. Si les politiques nationales, en raison du rôle clé des systèmes nationaux d'innovation, sont au centre du processus d'intégration des technologies, il faut prendre en compte l'interconnexion des économies et des cycles d'affaires et donc le rôle de régulation des institutions internationales comme le FMI et la Banque mondiale, dans un système mondial dominé économiquement et politiquement par les Etats-Unis. Les critiques d'un Joseph Stiglitz sur le fonctionnement de ces institutions qui appliquent de manière dogmatique et bureaucratique le principe de libération des échanges et de libre circulation des capitaux, en ignorant la dynamique subtile entre économies nationales et économie mondiale, dynamique du marché et rôle des politiques publiques, sont ici une source fondamentale de réflexion.

Mais avant de revenir sur ces points, il est important de comprendre la dynamique réelle, la logique et les récurrences des cycles technologiques depuis la première révolution industrielle.

## S'inscrire dans le temps long

L'avènement d'Internet ne bouleverse pas le cours et la logique de l'histoire. Celle-ci doit se comprendre comme un **processus de transformation et d'adaptation des systèmes techniques et des sociétés** sous l'effet d'un intrant clé produit par une innovation technologique. Comme l'a montré Joseph Schumpeter, dans l'économie capitaliste l'innovation se diffuse par grappes où les innovations technologiques se combinent entre elles pour aboutir à une transformation globale de l'économie.

Mais si ce futur est **prédictible**, la manière dont il adviendra et le chemin qu'il empruntera ne sont **pas prévisibles**. Cela dépend de la disponibilité, à un moment et un lieu donné, de matériaux, de compétences, d'infrastructures, de sources d'énergie, d'un contexte culturel favorable. De plus, **la relation entre la découverte scientifique et l'innovation industrielle n'est pas linéaire mais interactive**: ce sont les problèmes, généralement des pannes, provoqués par les premières tentatives d'application d'une technologie, qui stimulent l'étape suivante de recherche scientifique.

Ce changement dans les systèmes techniques, qu'a bien décrit François Caron, ne se déroule pas sur une ou quelques années mais sur des décennies.

Freeman et Louça ont repris comme clé d'analyse la notion de **cycles de Kondratiev**. Nicolas Kondratiev a établi dans les années vingt que l'économie est un système vivant qui évolue selon un processus irréversible et par cycles. Ses travaux furent quelques peu sujets à caution compte tenu de leur accaparement par les marxistes qui voulurent y voir le prolongement des analyses de Marx sur les crises cycliques du capitalisme. Ce que montre Kondratiev, au contraire, c'est que, comme dans l'évolution de tout système vivant, les processus sont irréversibles et cycliques, donc on sait que cela va se passer mais cela ne se passera jamais de la même manière: **ils sont prédictibles et non prévisibles**.

#### Le temps long (le « trend ») et les cycles, vus par Fernand Braudel

« Peu perceptible dans l'instant mais allant son bonhomme de chemin, le trend est un processus cumulatif. Il s'ajoute à lui-même; tout se passe comme s'il soulevait peu à peu la masse des prix et des activités économiques jusqu'au moment où, dans le sens inverse, avec la même obstination, il se met à travailler à leur baisse générale, imperceptible, lente, mais prolongée. Année après année, il compte à peine; siècle après siècle, il s'avère un acteur important. Aussi bien si l'on essayait de mieux mesurer le trend séculaire (...) certaines explications pourraient se dégager à propos de ces courants économiques qui nous emportent, que nous subissons, aujourd'hui encore, sans que nous soyons capables ni de les comprendre très exactement, ni d'être certains des remèdes à leur appliquer ».

« Civilisation matérielle, économie et capitalisme », Armand Colin, 1974, T. III, p 61

Kondratiev ne faisait qu'anticiper l'application à l'économie et à l'histoire économique de la **théorie générale des systèmes**. Le Prix Nobel Paul Romer (1992) donne l'exemple d'une usine textile qui met en œuvre 52 opérations, toutes interchangeables. Pour adapter sa technologie et trouver la séquence optimale, il a 52 !, soit 10<sup>68</sup> possibilités. La « bonne combinaison » est donc impossible à trouver si on la recherche selon le principe de l'optimum mathématique. Herbert Simon (1958) a montré que la recherche de solutions

adéquates ne pouvait se faire que par formulations d'hypothèses heuristiques dans le cadre limité par la culture de l'ingénieur et de l'institution qui allaient permettre de rechercher par essais et erreurs une **solution acceptable**, sans que l'on puisse prouver que ce soit la « meilleure solution ».

La propagation de l'innovation est un processus stochastique : un intrant (la nouvelle technologie) vient bouleverser l'équilibre du système qui va essayer une multitude de combinaisons de manière aléatoire (et donc accroître son désordre) tout en cherchant et sélectionnant les solutions les plus stables (créer un nouveau principe d'ordre). Ce sont les lois de l'évolution qui sont en œuvre, et les principes de sélection sont ceux qui garantiront au système technique sa stabilité et au système économique sa profitabilité : il s'agit non seulement de principes de robustesse technique, mais aussi de cohérence sociale et politique, car les révolutions technologiques ne transforment pas seulement les processus de production mais l'ensemble des rapports sociaux.

Ce processus stochastique n'est pas totalement aléatoire : il devient assez vite déterministe par un certain nombre d'options prises en amont qui sont d'ordre culturel et structurel. Paul David (1992) a étudié l'apparition du choix du clavier QWERTY qui est le résultat d'arbitrages culturels étrangers à la technologie qui donnent **un produit dont la valeur est inférieure à l'optimum de Pareto**. Le processus se stabilise quand il parvient à un état de « *lock-in* » (verrouillage) qui le met à l'abri de la concurrence. Bill Gates est parfois surnommé « *The Lord of lock-in* » par ceux qui l'accusent d'avoir, par Windows, enfermé le PC dans une architecture sous-optimale.

Le passé compte et va jouer un rôle déterminant, à travers la culture des firmes, la nature du consensus social et politique des nations, la dynamique des institutions et les grandes traditions culturelles des nations et des civilisations, ce qui peut expliquer le déplacement géographique des leaderships au fil des évolutions économiques. Au niveau des firmes, le programme MINE<sup>6</sup> étudie les «jeux d'innovation » mis en œuvre à partir des nouvelles technologies afin de comprendre les stratégies émergentes pertinentes.

Freeman et Louça établissent ainsi cinq cycles de Kondratiev depuis la première révolution industrielle (tableau 1). Au-delà de la notion de révolution industrielle (charbon, électricité, information), celle de cycle, plus précise, fait apparaître une période de maturation de l'ordre de 45 à 50 ans et une période de déclin. Au total, le cycle dure plus de 100 ans. En outre, ces cycles ne sont pas séquentiels : la majorité de la population du globe n'a pas accès à cet acquis du troisième cycle - le téléphone - sans lequel le cinquième cycle ne peut s'enclencher.

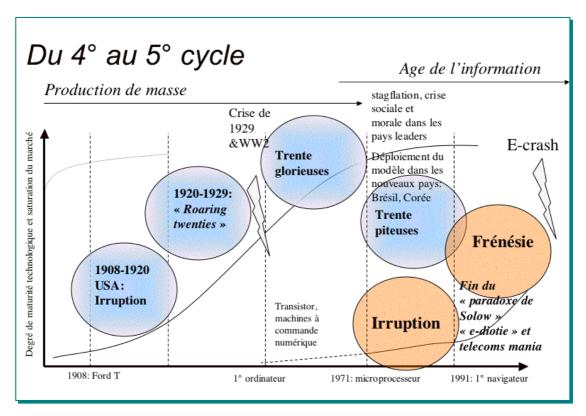
Le tableau 1 décrit l'enchaînement de ces cycles. On remarquera que le 5° cycle n'est pas daté. En effet, faudrait-il prendre pour point de départ l'invention de l'ordinateur (1945), celle du microprocesseur (1971) ou encore la généralisation d'Internet avec l'apparition du navigateur (1991)? Le déclin du 4° cycle peut être daté de 1974, année de la crise pétrolière et date de l'inflexion de la part de l'emploi industriel dans l'emploi total.

Le traitement automatique des données sous architecture macro-ordinateur n'a pas changé grand-chose à l'organisation des firmes. Le développement de l'ordinateur personnel ne commence à avoir un réel impact que lorsqu'il se combine avec les télécommunications via internet pour donner naissance à l'« informatique de communication ».

A la base d'un cycle de Kondratiev, il y a un cycle de la technologie qu'a mis en avant Carlota Perez (2003), que l'on peut découper en six étapes :

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> MINE (*Management of Innovation in the New Economy*) programme mondial de recherche dirigé par Roger Miller, de l'Ecole Polytechnique de Montréal.

- 1. La **phase d'invention**, qui voit la technologie passer du laboratoire au prototype et aux premières applications.
- 2. Le **passage de l'invention à l'innovation**, c'est-à-dire quand l'invention trouve son marché et fait preuve de sa viabilité commerciale, généralement dans un marché de niches.
- 3. Le **déploiement en tornade**, au-delà des marchés de niches, qui déclenche un mouvement d'ajustement structurel dans l'économie et des crises politiques liées aux nécessités de créer de nouvelles régulations.
- 4. Une **croissance continue**, quand le nouveau système (ou « nouveau paradigme techno-économique » qui inclut technologie et nouvelle organisation de la firme) est largement accepté et se propage à l'ensemble des secteurs économiques. L'exemple type est la croissance des « trente glorieuses » dans les pays développés.
- 5. L'essoufflement du système et l'érosion de la profitabilité au fur et à mesure que les technologies établies sont menacées par de nouvelles : une nouvelle crise d'ajustement se fait jour.
- 6. La **maturité**, qui peut se traduire par une renaissance au contact des nouvelles technologies (les chemins de fer avec le TGV, l'automobile avec l'électronique embarquée et l'interface avec de systèmes de navigation), ou une disparition.



Les cycles de Kondratiev couvrent les étapes 2 à 5. L'étape 1 est celle de la R&D fondamentale, qui n'a pas d'effets économiques perceptibles mais peut être très longue, par exemple la recherche sur l'ordinateur quantique qui pourrait arriver en étape 2 quand le microprocesseur parviendra en étape 5 ou 6 avec l'arrivée à terme de la Loi de Moore, dont la limite physique se situe vers 2017. Les étapes 2 et 3 (Perez, 2003) sont conduites par une **logique financière** avec des phénomènes spéculatifs marqués et des surinvestissements

qui conduisent à **une période de crise** qui peut voir une redistribution des cartes entre les nations et qui mène à une **logique de production** qui dominera les phases 4 et 5 où le nouveau paradigme techno-économique arrive à maturité (figure 1).

Pour le 5° cycle de Kondratiev, celui de l'économie de l'information, les étapes 1 et 2 auront duré plus de 50 ans et ce n'est qu'à la fin du XX° siècle que l'on en a ressenti les effets macro-économiques de l'étape 3. Le « e-crash » de 2000 apparaît donc comme le **point d'inflexion** qui marque le passage de la logique financière qui a soutenu le foisonnement technologique, à la logique de production centrée sur le développement. On ne peut prédire la durée de cette crise ni son intensité. On peut seulement prédire qu'elle peut se traduire par le déclin des leaders du cycle technologique précédent.

Chaque cycle a ses propres caractéristiques tout en ayant des traits communs, selon Carlota Perez :

- 1. On retrouve toujours un **intrant clé** dont le prix baisse tellement (fer, charbon, pétrole, puce) qu'il permet d'entrer dans une vaste combinaison de facteurs dans tous les domaines de l'économie.
- 2. Les industries productrices de ces intrants clés jouent un rôle moteur pour de nouvelles industries puis pour l'économie tout entière. C'est une période de frénésie liée à une exubérance financière qui se termine par une crise.
- 3. Les transformations structurelles de l'industrie accompagnent la sortie de crise et le passage à une logique de production. Elles se traduisent par des **transformations organisationnelles** qui font apparaître un « nouveau paradigme techno-économique ».
- 4. Ce nouveau paradigme entre en conflit avec l'ancien auquel sont liés de multiples intérêts, mais dont la profitabilité baisse alors que celle du nouveau paradigme croît. Il s'ensuit une nouvelle période d'ajustement structurel et institutionnel (monétaire, droits de douane, salaires, chômage...) qui nécessite une intervention active de la puissance publique pour bâtir des nouvelles infrastructures (infrastructures physiques de communication et de transport et infrastructures qualitatives par l'éducation) un nouvel arrangement institutionnel et un nouveau consensus social.

Cela ne veut nullement dire que toutes les firmes ou toutes les nations doivent adopter simultanément les mêmes règles (ce que tend parfois à suggérer la vogue de la « bonne gouvernance »), mais qu'elles doivent au contraire jouer sur leurs spécificités pour bâtir un nouvel avantage concurrentiel.

Il y a dès lors de fortes possibilités de redistribution des avantages concurrentiels et de rattrapage des pays en voie de développement. C'est, pour prendre un exemple extrême, le raisonnement que tient Muhammad Yunus, le fondateur de la Grameen Bank, qui équipe le Bangladesh — pays non électrifié et sans réseau téléphonique hors des villes — d'une infrastructure cellulaire et de réseaux internet, avec un impact positif sur la croissance du PIB.

## L'oubli du temps long coûte cher : le cas de l'industrie des télécommunications

Jusqu'à la fin 1994, le réseau Internet était géré par la *National Science Foundation* et principalement dédié à la communauté universitaire (Internet de 1° génération) qui utilise essentiellement la messagerie et le transfert de fichiers. Il s'ouvre au grand public en même temps que se développe le premier navigateur sur le WWW, qui sera la seule innovation radicale (une « killer application ») de cette période. Le trafic grossit considérablement d'abord très rapidement, en fait, il double tous les trois mois. Bien sûr, un tel rythme de croissance ne pouvait pas se prolonger indéfiniment. En 1999, le Président de la Commission fédérale des communications, Reed Hundt, déclare cependant encore « le trafic internet double tous les trois mois ». Si tel avait été le cas, sur la base de 500 millions d'internautes dans le monde, cela voudrait dire que chaque utilisateur serait connecté 24/24 heures avec un trafic de 1,5 millions de bits par secondes!

En fait, à partir de 1997, le trafic n'avait fait « que » doubler tous les ans, au rythme assez stable de 88% qu'a évalué un chercheur de AT&T Labs, Andrew Odlyzko (2001). Le mythe du doublement trimestriel a eu des conséquences négatives: il a amené à un surinvestissement en lignes de fibre optique en prévision d'un engorgement du trafic, conduisant au surendettement des compagnies de téléphone, en même temps qu'il se traduisait en bourse par des promesses de profits pharaoniques. Seuls 2% de la capacité installée aux Etats-Unis de fibre optique sont aujourd'hui utilisée!

En outre, ce mythe a amené les fournisseurs d'accès à **développer des politiques commerciales erronées**, comme des offres dites de « qualité de service » garantissant un débit régulier. Cela trahissait une incompréhension totale de la demande des utilisateurs : **en fait le trafic par utilisateur n'augmente pas : il diminue.** Ce que veut l'utilisateur c'est de la bande passante ; plus les prix baissent, moins il se connecte mais en il exige une connexion instantanée.

Ce mythe est une des causes du crash des compagnies de télécoms aux Etats-Unis qui se sont engagés dans des surinvestissements sur la base de business plan irréalistes.

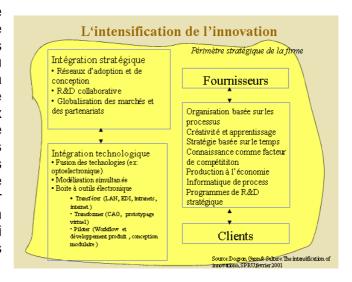
Quatre idées étaient à la base de ce mythe : « tout doit marcher à la vitesse d'Internet », « il y a une demande insatiable de bande passante », « le trafic va doubler tous les trois mois » et « construisez et ils viendront ». Bien sûr « ils » ne sont pas venus : de 1997 à 2001, la quantité de lignes en fibres optiques a été multipliée par 5 et par 500 en débit tandis que la demande n'était que multipliée par 4. L'erreur des compagnies de téléphone a été accrue par le fait qu'elles ont extrapolé les prévisions de croissance du trafic internet à l'ensemble du réseau.

La technologie prend du temps pour se diffuser, même si Internet le fait à un rythme inconnu jusqu'alors (88 % par an selon les calculs d'Odlyzko), et selon un processus où se mêlent données techniques (la convergence des diverses technologies), économiques (la profitabilité des firmes leaders sur ces nouvelles technologies) et sociologiques (le comportement et les attentes des utilisateurs, qui ne peuvent être que des hypothèses pour des services qui n'existent pas encore et pour lesquels il n'y a pas encore de demande).

### Révolution dans l'innovation?

Le développement rapide des TIC va générer des changements radicaux dans un grand nombre de fonctions des organisations, qu'elles soient dans le secteur concurrentiel ou non. Depuis bien avant la première révolution industrielle, l'innovation a reposé sur l'accumulation de capacité d'ingénierie (ce que l'on résume sous le nom de « technologie ») pour transformer les produits et services à partir du changement technique. La révolution industrielle a introduit le dialogue direct entre la découverte scientifique et la technologie. Les TIC accélèrent ce processus en accroissant l'accumulation de capacités d'ingénierie et en offrant l'occasion de concevoir de nouvelles formes d'organisation et en favorisant la circulation de la connaissance, qui est à la source même de l'innovation.

L'intérêt des TIC, note l'historien de l'innovation Keith Pavitt (1999), ne peut se comprendre que dans l'histoire à long terme changement technique affectant la stratégie des firmes, et non comme un épisode isolé. Contrairement aux idées répandues par la littérature techno-enthousiaste, le processus d'innovation est incrémental : les innovations radicales ne sont que très peu nombreuses : l'ordinateur en 1945, le microprocesseur en 1971 et le navigateur en 1991, qui peuvent être considérés comme des intrants clés du cycle de Kondratiev.



#### L'intensification de l'innovation

L'impact des TIC est d'intensifier ce processus d'innovation, ce qui a un impact certain sur les pratiques managériales (Pavitt, 1999) :

- 1. Les bases de connaissance professionnelle et spécialisée se sont accrues et ne recouvrent ni les frontières des firmes ni les activités marchandes. D'où la nécessité de développer les relations avec les laboratoires universitaires et entre praticiens. Mais le droit d'entrée dans ces réseaux a un coût : l'obligation de publier pour signaler sa connaissance à la communauté scientifique, d'où le mot d'ordre aujourd'hui répandu dans les firmes américaines « Publish or perish ». Ces publications servent autant à signaler une compétence spécifique qu'à anticiper l'impact de l'implantation d'une nouvelle technologie.
- 2. Plus étonnant, la production de connaissance spécialisée ne se traduit pas pour leur producteur par une capacité d'innovation renforcée. C'est une des conséquences d'une des caractéristiques spécifiques du 5° cycle : l'innovation dans les produits procède de l'intégration de composants spécialisés qui est le fait de la R&D d'entreprise.
- 3. Dès lors, le succès dans l'innovation dépend de la capacité de la firme à coordonner, intégrer et architecturer ces diverses connaissances spécialisées.

- 4. Compte tenu de l'importance de la connaissance tacite (95% de la connaissance humaine), cette intégration va dépendre de la qualité des relations sociales, de la gestion des ressources humaines, de la proximité des métiers et de leur capacité à communiquer ensemble. Les caractéristiques culturelles de l'entreprise comme des nations vont donc jouer un rôle essentiel. Michel Callon (1992) a montré que l'adoption des technologies passe par des réseaux d'adoption qui redéfinissent en permanence les bases sur lesquelles peuvent s'édifier les réseaux ultérieurs de conception. Cette articulation entre réseaux d'adoption et de conception donne naissance à des trajectoires qui tendent à devenir irréversibles, contribuant à créer une dépendance de sentier.
- 5. Le lien entre la connaissance spécialisée et les firmes dépend de la proximité du produit de la science : il est très court pour une firme pharmaceutique, plus distendu pour l'industrie automobile. C'est un des facteurs de différenciation des jeux d'innovation qu'identifie le programme MINE.

Le succès de l'innovation commence donc par la conception des bons réseaux de diffusion et d'agrégation de la connaissance.

L'essentiel de l'activité d'innovation va dès lors ne plus être consacré à la recherche fondamentale généralement externe à la firme, mais à l'apprentissage par essais et erreurs autour de démonstrateurs et de prototypes et donc internes. C'est un cycle continu de formulation et d'infirmation d'hypothèses heuristiques qui crée le capital cognitif de la firme.

L'innovation à partir des TIC est donc, souligne Keith Pavitt, révolutionnaire au sens où le développement des produits et des processus peut être affecté de manière considérable, mais cette révolution technologique garde un caractère profondément incrémental car elle repose sur le capital de connaissances accumulé par l'entreprise par essais et erreurs.

Les TIC n'ont de valeur qu'incorporée dans des produits : il n'y a donc pas de « one best way » pour les utiliser ni de lien direct entre leur utilisation et le bénéfice qu'on peut en retirer. Les TIC posent des questions de stratégie, de reconception des processus et des produits, voire du modèle d'affaire des firmes.

En combinant les divers outils issus des TIC on peut alors constituer une « boîte à outils électronique » au service de l'innovation (Dogson & alii, 2001) qui permet d'intégrer échange de données et processus d'innovation. On bâtit ainsi un « système d'entreprises » qui déborde le périmètre juridique de la firme pour intégrer clients, fournisseurs et autres partenaires et qui va reposer sur des bases et une structure de données communes, donc sur un système d'information partagé.

L'intensification de l'innovation se mesurera alors en temps (mise sur le marché), coût (gestion de la R&D), prédictibilité (gestion d'objectifs stratégiques), intégration stratégique permettant de dessiner une entreprise virtuelle en fonction des modèles d'affaires. Tout cela suppose des **changements managériaux et organisationnels considérables**, bien audelà de la simple adoption de ces « boîtes à outils électroniques ».

L'innovation devient en fait la fonction cœur de la firme souligne le professeur Roger Miller, promoteur du programme MINE : d'une activité support qui doit s'intégrer aux structures et processus existants, elle structure l'organisation et la stratégie de la firme qui doit se réinventer en permanence dans un univers turbulent (tableau 2).

Il est encore trop tôt pour définir un mode type d'appropriation des TIC par les usages et l'implication sur la reconfiguration des modèles d'affaires. La pénétration est rarement généralisée et homogène et se fait de manière contingente autour de guelques acteurs

clés qui tirent le reste de la filière (Benghozi, 2001). Les chaînes de valeurs se réorganisent autour de **fonctions pivots** et les compétences techniques et informationnelles constituent alors de **nouveaux actifs stratégiques**.

Mais ce sont là les enjeux essentiels de la révolution technologique qui doivent faire l'objet d'une recherche de fond pour dégager les cadres de référence des nouvelles stratégies gagnantes.

#### Crise de l'innovation chez les fournisseurs de TIC

A Santa Clara, dans la Silicon Valley, le prix du loyer au pied<sup>2</sup> est tombé de US\$ 6,50 fin 2000 à moins de \$1 aujourd'hui. Tandis qu'à Bangalore, en Inde, le campus de *Wipro technologies*, un géant indien, bourgeonne de toutes parts et prévoit de tripler sa taille d'ici 2005. L'industrie des TI connaît le même phénomène que connut celle des ordinateurs : quand la technologie est stabilisée et suffisamment modulaire, la réduction des coûts prend le pas sur l'innovation et l'industrie tend à se structurer en une chaîne logistique internationale optimisant les coûts de fabrication par la délocalisation.

Cette crise de maturité avait été retardée par le passage à l'an 2000 ou à l'euro, et apparaît comme une crise de l'innovation. A Redmond, révèle *The Economist*, Microsoft affiche en banque une trésorerie de 50 milliards US\$. L'industrie n'a plus d'idées et vit sur les rentes des « *lock-in* » qu'elle a su constituer.

En fait, c'est l'esprit d'innovation de la *Silicon Valley* qui s'est répandu chez les clients. Ils ne sont plus obsédés par le dernier raffinement technologique du *e-commerce* qui viendrait bouleverser leur modèle d'activité, mais sont beaucoup plus soucieux **de consolidation**, **d'intégration des systèmes et de fiabilité**. Beaucoup de firmes savent aujourd'hui utiliser les TI pour délocaliser *off-shore* des éléments de processus. Cela est bien sûr motivé par les coûts : un développeur coûte à Bangalore un quart de ce qu'il coûterait en Californie. Mais ce recentrage sur les coûts manifeste que la création de valeur n'est plus chez les fournisseurs de technologies.

Ce départ d'activités *off-shore* est lui-même un appel au retour de l'innovation. Il faudra, d'une part, compenser les emplois perdus - Forrester prévoit que les Etats-Unis auront perdu trois millions d'emplois dans les TIC en 2015 - et d'autre part créer de nouveaux avantages concurrentiels. Le principal intérêt de *l'off-shore* à moyen terme résidera non pas tant dans ses coûts plus bas, mais dans sa capacité à créer une chaîne logistique mondiale et ces compétences ne sont pas encore maîtrisées par les firmes indiennes qui sont les principales bénéficiaires des délocalisations.

#### L'innovation passe chez les utilisateurs

Une récente étude sur 196 nouveaux produits montre que 111 ont réussi, 86 ont échoué. Les clés de succès ; ne pas être totalement nouveau sur le marché, ne recourir qu'à des technologies qui ont déjà eu une vie industrielle, générer des économies, répondre aux besoins des utilisateurs et nourrir es usages existants. À l'opposé, les produits qui échouent reposent sur des technologies de rupture non encore stabilisées, procèdent au suivisme des modes et ne répondent pas à un besoin clairement défini (Goldenberg et Mazursky, 2001). C'est sur le terrain de l'usage que se gagne la bataille de l'innovation.

Une fois quittée la phase d'exubérance financière qui soutient le foisonnement de technologies nouvelles, Carlota Perez montre que l'innovation entre dans une logique d'intégration de ces technologies: ne survivent que les innovations qui s'intègrent dans les systèmes existants en leur apportant de nouvelles possibilités de performance. Il s'ensuit un

cycle vertueux d'apprentissage par l'usage qui permet à l'innovation de développer pleinement son potentiel.

L'usage va permettre à la technologie de trouver une place qui n'est qu'exceptionnellement celle que son inventeur lui destinait. Le rail a été inventé pour faciliter l'extraction du charbon : il était difficile d'imaginer qu'il serait à la base d'un nouveau système de transport. Le transistor n'a eu pour premier usage que de s'affranchir des lampes dans les appareils de radio, au point de donner son nom aux radios portables. Personne n'avait en tête qu'il serait à la base d'une économie fondée sur le microprocesseur. L'innovation suit une trajectoire technologique qui repose sur les capacités d'apprentissage par l'usage, dite « dépendance de sentier ».

La prochaine vague d'innovation ne sera plus l'effervescence de technologies mais l'organisation de leur convergence, notamment entre les biotechnologies, les TIC et les nanotechnologies. On en reviendra donc à la compétition entre systèmes d'innovation différents : si la gestion des coûts est un point de passage obligé, la création de valeur restera du domaine de l'innovation et des compétences qui la sous-tendent et ce sont elles – et leur spécificité - qu'il faut cultiver.

### Où en sommes-nous et que faire?

Nous sommes donc bien loin des publicités de certains fournisseurs qui promettent que l'achat de leur technologie permettra de reconfigurer l'entreprise en deux mois!

Le discours sur l'ex-future « nouvelle économie » a pris l'allure d'une véritable idéologie (Corniou, 2002, Flichy, 2001). Ce n'est pas spécifique à ce cycle : les idéologues du 2° cycle voyaient dans la vapeur un agent qui allait permettre la communication universelle. Qui visite le Musée Dauphinois à Grenoble y trouvera les discours des promoteurs de la houille blanche qui prédisaient que l'électricité libérerait la vie familiale des rythmes diurnes, Norbert Wiener, l'inventeur de l'ordinateur, voyait dans la communication universelle le moyen définitif d'empêcher les guerres ! Si, dans le temps long, le progrès technologique améliore considérablement la condition humaine et sa capacité à produire des richesses pour le bien commun, les premières conséquences de l'émergence d'une nouvelle vague technologique obligatoirement positives : l'électricité a servi à électrifier les barbelés avant de chauffer les appartements.

Dans la réalité, les transitions de cycles technologiques s'accompagnent de crises avec leurs gagnants et leurs perdants, nécessitent la construction de nouveaux cadres institutionnels et de consensus sociaux dans des rapports de forces au niveau international qui entrent eux-mêmes en turbulence. La crise de 1929 sonna la fin de la phase de frénésie financière du 4° cycle et le nazisme trouva sa source dans un refus des changements des cadres politiques et sociaux du 3° cycle. La guerre allait gaspiller les chances des pays européens tandis que les Etats-Unis prenaient le leadership économique mondial de l'économie de la production de masse.

Le crash des valeurs technologiques en 2000 a sonné la fin de la phase de frénésie financière de l'économie du 5° cycle et l'entrée dans la période de crise et de turbulence où vont se redistribuer les cartes entre gagnants et perdants de la nouvelle révolution technologique.

Carlota Perez définit ce moment comme le point d'inflexion qui peut ouvrir la voie à un « âge d'or », une phase de développent qui voit l'essor de l'ensemble de la société qui a trouvé son nouveau point d'équilibre, comme le furent en France les « trente glorieuses », qui marque la fin de l'argent facile, l'essor d'une nouvelle classe moyenne et l'orientation du développement vers le social et le culturel. Mais pour y parvenir, les pays doivent être capables de faire évoluer leurs institutions et leurs consensus sociaux.

David Landes a montré que le principal facteur de différenciation entre les économies depuis le XVII° siècle est la **culture** au sens large, soit non seulement les aptitudes mais aussi la qualité des institutions, qui fait qu'à partir d'une même opportunité technologique, certains pays décollent et d'autres stagnent ou régressent (Landes, 2000).

De quelle culture avons-nous besoin pour affronter avec succès ces nouveaux défis ?

Ce qui est sans doute spécifique aux technologies de l'information, c'est leur absence de visibilité commerciale puisqu'elles ne peuvent créer de la valeur ajoutée que par combinaison entre elles, une transformation des processus et des organisations et l'intégration dans des produits complexes. Le phénomène d' « innovation en grappes » décrit par Schumpeter au début du XX° siècle est sans doute encore plus vrai un siècle plus tard.

Pour rendre plus visibles ces dynamiques d'innovation, il faut plonger dans les couches profondes des organisations et des systèmes nationaux d'innovation. Il s'agit en premier lieu de **comprendre le phénomène de « dépendance de sentier »** qu'il ne faudrait pas

interpréter comme « continuer à faire ce que l'on sait faire » - combien d'erreurs de stratégie ont été faites au nom du « revenons à notre cœur de métier » - mais plutôt comme « comprendre ce que l'on peut faire ».

Le sentier technologique d'une firme est constitué de trois couches de connaissances (Pisano, 2002) :

- la **connaissance technique de base**, qui est autant explicite (théories algorithmes, brevets, publications...) que tacite (savoir-faire, expérience acquise);
- la connaissance organisationnelle, qui traite de l'organisation des projets, des pratiques de résolution de problèmes, de la gestion des compétences ;
- l'intégration des technologies nouvelles aux technologies existantes, qui doit permettre de concilier l'introduction de la nouveauté et la viabilité des systèmes que maîtrise la firme.

L'entreprise progresse sur son sentier technologique par apprentissage par les projets : ce qu'elle sait aujourd'hui est fonction de ce qu'elle a appris hier. Au fil des générations de projets, la connaissance technique nourrit la connaissance organisationnelle qui nourrit elle même le savoir faire en intégration de technologies nouvelles.

Mais cette approche inductive (le *learning by doing*) doit être complétée par une approche déductive (le *learning before doing*). L'historien de la technologie Joel Mokyr a montré que la technologie, en tant que capacité humaine à manipuler la nature, ne peut naître qu'à partir d'une base de connaissance efficace: la première révolution industrielle n'a pu avoir lieu (alors que le principe de la machine à vapeur était connu depuis l'antiquité) que parce que la philosophie des lumières a créé les conditions culturelles et institutionnelles pour le développement des technologies: le refus du travail servile d'une part et d'autre part les perfectionnements de la métallurgie ont permis d'ajuster les pièces mécaniques avec la précision nécessaire. Le développement de la technologie est comparable à un système évolutif en biologie (Mokyr, 2002): la connaissance est un génotype, une potentialité, tandis que la technologie est un phénotype, une entité créée. Mais à la différence des systèmes biologiques darwiniens, l'expérience de la technologie (le phénotype) modifie, la base de connaissance efficace (le génotype).

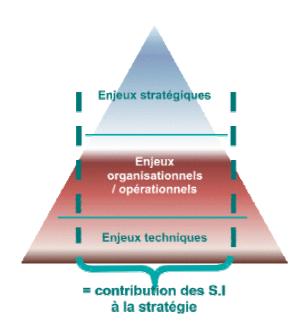
C'est la qualité de l'interaction entre les approches déductives et inductives qui va donc être la clé de la performance. Elle est tributaire de conditions institutionnelles (permissions et incitations données aux divers agents — par exemple le chercheur et l'ingénieur — d'interagir) et culturelles (ouverture au changement, niveau d'éducation, qualité des consensus sociaux). Le programme MINE permettra d'approfondir la compréhension de ces interactions et la compréhension de la dépendance de sentier au travers de l'étude des « jeux d'innovation » qui sont l'ensemble des scénarios et des stratégies mis en œuvre par les firmes pour créer de la valeur à partir d'un intrant technologique, en fonction de leur secteur d'activité, de leur relation à la connaissance et de leur environnement institutionnel.

Pour soutenir cette dynamique de l'innovation, **trois axes d'action** apparaissent :

#### **■** Rééquilibrer les relations fournisseurs-utilisateurs

En début de cycle, il est logique que les industries porteuses des nouvelles technologies jouent un rôle moteur dans leur diffusion. Dans un contexte de profitabilité faible, érodée par les business plans pharaoniques de l'ex-nouvelle économie, elles sont amenées à survendre leurs produits et à leur faire promettre monts et merveilles pour financer leur développement.

La situation n'est pas saine et renvoie à la relation, il y a une vingtaine d'années entre les constructeurs automobiles et leurs équipementiers. Considérés comme « sous-traitants » ils jouaient le rôle de facteur d'ajustement pour assurer la profitabilité des grandes firmes. Les politiques d'obsolescence programmée, de changement de version sans réelle valeur ajoutée et bien d'autres pratiques jouent le même rôle d'externalisation des coûts de développement chez les clients. Le DSI d'entreprise en est souvent réduit à n'être qu'un signataire de bons de commande qui a du mal à savoir si ces changements sont bénéfiques pour l'entreprise ou ne sont qu'une manipulation d'un fournisseur en mal de liquidités pour afficher un Q4 qui rassurera les marchés financiers, alors que « le problème majeur qui se pose aux DSI est bien celui du tri entre l'innovation utile et le changement nuisible » (Corniou, 2002).



Les investissements informatiques doivent être pensés en fonction de l'intérêt stratégique de l'entreprise, ce qui est plus facile à dire qu'à faire. Cela suppose que les DSI développent une culture stratégique qui puisse permettre le dialogue avec les dirigeants pour qui, la plupart du temps, l'informatique reste un monde imperméable et abscons dont tout ce que l'on se contente de souhaiter est qu'il ne tombe pas en panne et reste dans ses budgets.

C'est le sens de la stratégie « CIGREF 2005 » adoptée en 2001 par le CIGREF. Pratiquement, cela tend à définir une **gouvernance du S.I.,** à partager la responsabilité du système d'information entre le maître d'ouvrage et le directeur informatique : à celui-ci la responsabilité des solutions techniques et de la performance de la plate-forme, à celle-là la modélisation des

processus métier et la définition fonctionnelle du SI. en fonction de sa sémantique et de ses préoccupations. A défaut, vu le poids des investissements dans les couches basses et sa prégnance sur la disponibilité des systèmes, les priorités stratégiques seront écrasées par les préférences techniques.

Dans l'industrie automobile, l'expérience de l'évolution des relations entre concepteurs de planches de bord est instructive: au fur et à mesure que la part de l'électronique augmentait dans la composition de la planche de bord, on aurait pu penser que ce serait l'électronicien qui prendrait le pas sur le plasturgiste. C'est l'inverse qui s'est produit car le plasturgiste a développé des compétences d'intégrateur étant le plus à même d'assurer le développement du sous-système qu'est la planche de bord et son intégration dans le véhicule. Dès lors, c'est lui valorise la technologie intégrée et le prix de vente par kilo de matières plastiques a été multiplié de manière considérable.

Cette évolution est analogue à celle qui s'engage dans la fonction du DSI par le développement des compétences d'urbaniste : d'une part, le S.I. n'est plus seulement intégrateur de technologie mais concepteur d'un ensemble à valeur ajoutée et, d'autre part, il sait situer l'objet technologique qu'il conçoit dans le réseau de processus ou d'affaires de la firme. Les premiers résultats du programme MINE montrent que c'est la maîtrise de la fonction « innovation » par les DSI qui leur permet de rééquilibrer les relations avec les fournisseurs en devenant maîtres de leur architecture.

#### ■ Les politiques publiques sont la clé de la performance globale

Les politiques publiques ont un impact sur le développement des technologies sous quatre angles :

#### Le soutien à la R&D

Vouloir « rentabiliser » la R&D en lui affectant des objectifs précis a été longue-ment dénoncé comme une erreur stratégique majeure (Rochet, 2001).

í. Évolution de l'écart entre les dépenses de R&D des États-Unis et de l'Union européenne, 1967-1997									
En milliards de PPA constant							onstante		
	1967	1977	1981	1984	1985	1991	1993	1996	1997
Écart annuel	49,8	29,6	31,7	45,5	50,4	43,8	41,7	56,7	63,0
Source: Muldur, 1999.									

Il s'agit d'une part de maintenir un haut niveau de financement public de la recherche fondamentale et de lui conserver son caractère de bien commun en évitant qu'elle soit couverte par les droits de propriété intellectuelle comme cela est la tendance, d'autre part de maintenir un niveau suffisant de DIRD (dépense intérieure de R&D, publique et privée), qui, pour la France, devrait impérativement revenir à 3% du PIB, alors qu'il ne cesse de baisser, comme s'accroît l'écart entre les dépenses des pays européens et les Etats-Unis (Muldur, 1999).

Il y a une corrélation directe entre l'intensité de la R&D et le contenu technologique des exportations, qui est ce qui fait leur valeur. La conséquence est que, alors que la France est dans le peloton de tête des exportateurs mondiaux, ses exportations ont un contenu insuffisant en technologie et risquent de glisser d'une compétitivité valeur à une compétitivité prix, or « la compétitivité prix n'est pas la compétitivité : vendre moins cher n'enrichit pas la nation » (Debonneuil, 2003). Cette situation est aggravée par le fait que la part des TIC dans la R&D n'est que de 4% en France contre 50% aux États-unis, la France comptant huit fois moins de chercheurs, en proportion, dans ce domaine.

L'OCDE (2001) souligne que **les gouvernements peuvent agir dans quatre domaines** : instaurer les incitations appropriées, assurer la genèse de nouvelles connaissances, accroître l'efficacité de leurs propres investissements dans l'innovation et améliorer l'interaction entre les principaux acteurs du système d'innovation.

À côté du volet quantitatif, le volet qualitatif est donc important. La productivité totale des facteurs est fonction de l'intensité de la DIRD : si des pays comme la Finlande qui ont augmenté leur DIRD connaissent une forte croissance de leur productivité, d'autres comme l'Espagne ont une croissance négative. Les facteurs culturels et institutionnels entrent donc en jeu.

À titre d'exemple, on peut prendre le nombre d'entreprises créées à partir de la recherche publique : elle est trois à quatre fois plus rapide en Amérique du Nord qu'ailleurs. De petits pays comme la Finlande, là encore, ont de bons résultats : il s'y crée comparativement moins d'entreprises mais, en pourcentage, beaucoup plus d'entreprises nées de la recherche publique. Des dispositifs comme le *Bayh-Dole Act* aux Etats-Unis permettent, depuis le début des années 1980, aux institutions (centres de recherche, universités) d'avoir et de valoriser la propriété intellectuelle des inventions issues des programmes de recherche publics et donc de fluidifier le passage de l'invention de laboratoire à l'innovation industrielle. Ajoutons à cela le « *small business act* » qui impose aux administrations américaines de confier 40% au moins de leurs dépenses de R&D coopérative à des PME.

Les politiques publiques peuvent avoir un impact important sur le dynamisme du **secteur du logiciel**. Là encore, la dynamique du système national d'innovation américain lui a permis de

prendre un avantage considérable : démantèlement de l'intégration des éditeurs et des fabricants d'ordinateurs en 1968, avec l'application de la loi anti-trust à IBM, gestion des crédits de recherche militaire non pour chercher à concevoir des applications communes au civil, mais pour développer l'enseignement et la recherche en informatique dans les universités américaines. Enfin, une politique agressive de propriété intellectuelle qui a permis de constituer une position dominante dans le domaine du logiciel « packagé » (Mowery, 1999).

#### L'Etat peut soutenir la compétitivité de l'industrie du logiciel par trois voies :

- le soutien à la recherche par le **soutien au RNTL** (Réseau National des Technologies Logicielles) qui fédère laboratoires et entreprises. Le rapport sur l'économie du logiciel (Rougier, 2003) propose d'augmenter considérablement ses moyens de financement directs (subventions, commandes) et indirects (crédit impôt recherche, redevances) et de développer de tels réseaux en Europe pour contribuer à créer des standards « de facto ».
- une politique de propriété intellectuelle qui permette de protéger les innovateurs en leur accordant une rente de monopole tout en dévoilant les caractéristiques de leurs inventions. Une telle politique, souligne David Mowery, est largement déterminée par des critères endogènes: si le verrouillage de la propriété des logiciels par la généralisation des brevets confortera la position dominante des grands éditeurs américains, une politique plus souple, basée notamment sur l'opensource, permettrait à des nouveaux entrants de concurrencer les éditeurs dominants. Il est donc urgent de s'opposer à la politique de Bruxelles d'introduction de la brevetabilité du logiciel<sup>7</sup>.
- Du point de vue de la régulation du marché, le même rapport suggère que certains logiciels ayant le caractère de technologie générique (General Purpose Technology) soient considérés comme des utilités, au même titre que l'électricité ou le réseau téléphonique. Une action publique contre les positions dominantes de Microsoft, en cohérence avec l'évolution de sa situation aux Etats-Unis, permettrait de sortir du « lock-in » imposé par le « wintelisme ».

Enfin, une politique volontariste de constitution de **pôles technologiques** (*clusters*) peut avoir en effet très fort sur la dynamique du système d'innovation (OCDE, 2002-2). La politique des pôles n'est rien d'autre que la stimulation de la dynamique des « grappes » en appliquant le principe de l'entreprise apprenante à une nation. La tâche n'en est que plus complexe puisqu'elle repose sur le dialogue entre une stratégie politique à long terme et les stratégies des entreprises confrontées à des contingences diverses. D'où la nécessité d'un débat transparent où des associations d'entreprises à but non-lucratif comme le CIGREF peuvent jouer un grand rôle.

#### L'intelligence économique et stratégique

Dans une économie où le savoir devient le produit de base, la source et le fruit de l'innovation, sa protection est un enjeu essentiel. Une intelligence économique **défensive** doit protéger les produits de la découverte nationale, une intelligence économique **offensive** doit permettre d'accéder aux inventions des laboratoires étrangers avant qu'elles ne se transforment en innovations industrielles.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Les grandes signatures de l'économie de l'innovation ont publié un appel (sept. 2003) contre la brevetabilité du logiciel « An Open Letter to the European Parliament Concerning the Proposed Directive on the Patentability of Computer-Implemented Inventions », http://www.researchineurope.org/

L'intelligence stratégique doit devenir une activité commune aux firmes et aux pouvoirs publics, tant pour comprendre les stratégies de nos concurrents que pour définir des stratégies nationales permettant de conquérir et de défendre des positions concurrentielles. Durant les années 1990, sous la présidence de Bill Clinton et notamment sous l'impulsion du vice-président Al Gore, les Etats-Unis ont généralisé la « politique du plaidoyer » (« Advocacy policy ») pour faire converger les politiques publiques et les initiatives privées vers les enjeux stratégiques identifiés au sein de « war rooms » réunissant autorités publiques et entreprises.

Pays d'innovation et d'innovateurs, la France a sur ce sujet une politique angélique qui se traduit par l'abandon de ses avantages concurrentiels et de ses industries. Le rapport confié au député Bernard Carayon par le Premier ministre souligne l'importance de réhabiliter le « patriotisme économique » et de procéder à « trois mariages et un enterrement » pour en finir avec les naïvetés françaises sur le sujet.

#### Trois mariages et un enterrement

« De l'intelligence économique nous pouvons attendre la protection de notre patrimoine scientifique et industriel, des gains de compétitivité et des parts de marché, une influence renouvelée dans le monde auprès notamment de tous ceux qui ne peuvent se résoudre à dépendre d'un fournisseur exclusif, mais aussi, dans les organisations internationales, auprès de ceux qui pourraient se désoler du contournement ou du refus des règles du droit international : hier celles de Kyoto, aujourd'hui celles de l'ONU, et demain, plus qu'hier peut-être, celles de l'OMC.

Une France plus riche, une France mieux protégée, une France mieux respectée. Une France qui partage aussi ses progrès avec ses alliés commerciaux, notamment européens, à l'aune de nos intérêts mutuels bien compris. Voilà quels doivent être les guides d'une grande politique publique d'intelligence économique, politique dont l'actualité internationale éclaire les enjeux et souligne les faiblesses de notre dispositif institutionnel et privé.

Sans paranoïa ni panique, il est temps de réagir et, tout simplement, de réaliser « trois mariages et un enterrement » : le mariage entre les administrations publiques, le mariage entre le public et le privé et le mariage de l'information blanche avec celle qui l'est un petit peu moins...

L'enterrement alors, sera, celui des naïvetés françaises!

(...) l'intelligence économique est un patriotisme économique. Je devine le sourire du lecteur à la découverte de ces mots. Que notre tropisme soit notre région, notre pays ou l'Europe, c'est pourtant ce patriotisme économique qui sera le garant de notre cohésion sociale. S'il n'en est convaincu par sa réflexion propre, qu'il examine, sans parti-pris, comment nos grands partenaires se comportent et réussissent. »

Bernard Carayon, Rapport au Premier ministre, sept. 2003, La Documentation Française

#### La politique d'équipement de l'administration en TIC

L'histoire des politiques publiques de soutien à la technologie en France est malheureusement une longue succession de fiasco, depuis le plan calcul, le plan « informatique pour tous », l'agonie sous perfusion de Bull. La politique française des « champions nationaux », si elle a permis de canaliser l'investissement public sur des technologies clés, a simultanément emprisonné les innovations dans des structures coupées du marché et de son stimulus et qui deviennent impossibles à supprimer une fois qu'elles sont dépassées. Aussi, l'Etat gagnerait à affiner sa compétence en étant d'abord un utilisateur efficace de TIC dans son administration.

Les administrations représentent 14% des achats informatiques : elles ont donc une capacité d'orientation de l'industrie en matière de standards, notamment dans le domaine du logiciel où la France garde des positions concurrentielles dans le logiciel sur mesure, mais pour autant que soit instauré un pilotage au plus haut niveau et que soit créée **une fonction DSI de l'administration** (Rougier, 2003).

Si l'on peut dire que le développement de l'Internet public en France est un succès, il n'en est pas de même des applications « back-office » et de la reconfiguration des métiers et des processus de l'administration. Le projet ACCORD de refonte de la comptabilité publique sous progiciel de gestion intégré a peiné dans sa première phase par carence d'une maîtrise d'ouvrage stratégique suffisante. La seconde phase devrait faire d'ACCORD l'outil de mise en œuvre de la réforme budgétaire et le cadrer dans une perspective stratégique de passage à une gestion par les résultats. Le projet COPERNIC, au contraire, a permis de créer un guichet unique de déclaration et de gestion du compte fiscal en réussissant pacifiquement une fusion *de facto* des administrations d'assiette et de recouvrement qui avait échoué en 2000 ; il reste cependant beaucoup à faire pour conduire ce projet au succès.

La ré-ingénierie des processus et des métiers se heurte au manque de compétences et en DSI et à une approche encore naissante des concepts en matière d'architecture et d'urbanisme des systèmes d'information (Rochet 2003). Cette situation laisse l'administration à la merci des vendeurs de cravates de certains fournisseurs en mal de liquidités<sup>8</sup>.

#### La clé est le développement des compétences en maîtrise d'ouvrage :

- Aux Etats-Unis, l'Information Technology Management Reform Act de 1996, a amené à la nomination de « Chief Technology Officers » dans chaque administration : ce sont des maîtres d'ouvrage délégués nommés aux côtés de chaque directeur d'une grande agence gouvernementale.
- Au Japon, l'État a créé l'association des « IT-coordinators » qui vérifie la qualification et délivre des diplômes à des maîtres d'ouvrage, élabore les méthodes etc.
- En France, le « club des maîtres d'ouvrage<sup>9</sup> des systèmes d'information » rassemble des professionnels de la maîtrise d'ouvrage pour définir les méthodes et les organisations pertinentes, ainsi que les compétences nécessaires à ce métier ; il est en phase avec les réflexions du CIGREF sur ce sujet.

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Ainsi la firme EDS – mise à mal par la faillite de son premier client, Worldcom – publie en 2002 un livre blanc sur le « *e-gouvernement* » où elle écrit le plus sérieusement du monde que le citoyen, par la vertu d'Internet, pourrait « se réapproprier en quelque sorte son identité administrative et civique ». Après les entreprises, c'est désormais l'administration qui est l'objet du discours sur les vertus thaumaturges de la technologie.

www.clubmoa.asso.fr

#### Développer l'éducation

L'Éducation nationale est concernée à trois niveaux : d'abord fournir à l'économie le **nombre de techniciens** en informatique dont elle a besoin, et qui ne doivent pas seulement être formés à la programmation mais aussi au système d'information. Il y a là un travail de gestion prévisionnelle qui n'est pas encore entrepris avec l'intensité qu'il mériterait.

Ensuite, **intégrer l'usage des TIC** dans les activités d'enseignement : on est ici, en France, très loin du compte. Les TIC ont été introduites comme machine de guerre contre l'enseignement traditionnel dans un contexte idéologique qui rappelle les discours sur la nouvelle économie dans *Wired* au début des années 90. La thèse de base est que l'ordinateur pourrait remplacer le professeur devenu simple animateur, l'enseignement des disciplines et de la culture générale disparaissant.

Nous avons montré (Rochet 2002) que la gestion de la mutation technologique en cours requérait au contraire une **culture** qui dépasse le cadre technique et qui soit capable d'intégrer des paramètres techniques, sociologiques et stratégiques. Du point de vue de la compétitivité économique, Keith Pavitt (1994) souligne qu'une des différences importantes entre deux systèmes d'innovation dynamiques est **l'importance de la population ayant reçu une formation technique** et capable, pour cette raison, d'accumuler des connaissances, **plus que le nombre de diplômés de l'enseignement supérieur**.

Le niveau traditionnellement élevé de l'enseignement français peut donc être géré comme un atout – ce qui pourrait sans doute l'aider à se réformer – alors que les Etats-Unis restent dépendants de l'importation d'étudiants, de professeurs et de techniciens qualifiés que leur enseignement secondaire ne fournit plus.

#### ■ La nécessaire recherche d'un nouveau consensus social

L'historien britannique Eric Hobsbawm a montré que les conflits sociaux émergeaient à la fin des longues phases de développement des cycles de Kondratiev et qu'il y avait des « conflits en grappes » comme des « innovations en grappes ». Freeman et Louça identifient en fait **deux points critiques**: l'un à la **fin de la phase d'expansion**, lorsque les travailleurs disposent d'organisations puissantes et que le plein emploi donne des marges de manœuvre. La dernière grande vague de ce type se situe autour de 1968. Les travailleurs veulent obtenir les gains d'une productivité croissante tandis que les entrepreneurs veulent conserver des marges d'investissements face au déclin de la profitabilité. L'autre point critique se situe à la **phase d'ajustement** entre l'ancien et le nouveau paradigme technoéconomique, quand le cycle entre en phase de récession avec croissance rapide du chômage et développement de l'insécurité de l'emploi, comme en 1974-75 et autour de 1983.

Les marges de manœuvre pour financer l'essor de la cinquième vague sont très faibles: la France a le taux d'activité le plus bas des moins de vingt-cinq ans et des plus de cinquante ans grâce au financement public de dispositifs d'assistance qui ne procèdent que d'une vision malthusienne du travail dénoncée depuis longtemps par Alfred Sauvy et de nombreux démographes et économistes. Elle est accrue par l'idéologie du « partage du travail », héritier épicurien de la « fin de la croissance des forces productives » marxiste. Le taux élevé de prélèvements obligatoires (51% du PIB) n'est que le reflet et la conséquence du faible nombre de Français qui travaillent (40% de la population), soit 24 millions d'actifs tandis que pour une population équivalente, la Grande-Bretagne en compte 28 millions (Rochet 2003). La conséquence en est une désindustrialisation de la France qui est un ferment de décomposition sociale de nature à l'handicaper durablement.

Il n'y a pas encore de conflits directement liés aux activités de la cinquième vague : d'une

part, l'idéologie « nouvelle économie » est violemment libertaire et antisyndicale et d'autre part la diffusion des TIC dans les activités économiques reste faible (13 secteurs INSEE sur 90, selon Jacques Mairesse). Les sources d'explosion liées à l'entrée en cinquième vague n'en sont pas moins présentes :

- 1. L'idéologie libérale préfère le marché (financier) à la qualité de l'organisation. Or, le marché a fait preuve de sa cécité et de sa focalisation sur le court terme et sur l'uniformité. Le marché, en fait, ne s'intéresse pas à l'entreprise comme système complexe créateur de valeur au sens de « production utile », focalisé qu'il est sur la valeur des actions. La pression qui en résulte sur les entreprises est à l'origine des fraudes comptables retentissantes des Worldcom et Enron, pour maintenir le niveau des plus-values.
- 2. La réflexion sur l'adaptation des conditions de travail et des qualifications aux nouvelles technologies est encore embryonnaire. François Caron souligne que la « résistance au changement » dont on accable les travailleurs n'est qu'une absence d'analyse de la modification des conditions de travail (Caron, 1997).

De nombreuses études de l'OCDE soulignent que c'est aux technologies de s'adapter aux

Pour les experts de l'AFAI, (Association Française de l'Audit et du Conseil Informatique) la qualité d'une entreprise s'apprécie selon les critères suivants :

- qualité de l'organisation : elle pet s'évaluer à partir d'une check-list énumérant les qualités que doit avoir un système d'information, car l'organisation se reflète de plus en plus exactement dans le SI
- qualité du marketing, de la connaissance des clients, de la veille concurrentielle, etc.
- connaissance de la fonction de production (et donc de la fonction de coût).

A partir du marketing et de la connaissance de la fonction de production, on peut (1) construire des scénarios stratégiques pour explorer les divers chemins possibles et choisir le plus prometteur, (2) animer une veille technologique qui permettra d'être au front de taille des technologies, (3) s'assurer de l'efficacité de la mise en œuvre de la fonction de production.

Une organisation de qualité attire des personnes compétentes, qui souhaitent disposer d'un bon environnement pour produire au mieux.

Enfin il ne faut pas oublier le dernier critère, qui est crucial : la **qualité du dirigeant** et de l'équipe dirigeante.

http://www.afai.asso.fr/

conditions de travail et non l'inverse. La réflexion autour de l'évolution des conditions de travail et des métiers, analogue à celle qui a existé dans les années 1980 autour changement sociotechnique (l'intégration de l'évolution des conditions de travail dans la conduite investissements des industriels lors de la réorganisation posttaylorienne des processus de la grande industrie), réflexion alors impulsée avec succès par l'ANACT<sup>10</sup>, n'est pas encore au niveau requis. Or, l'impact des TIC peut être considérable<sup>11</sup> en changeant paramètres les productivité des métiers et créant des effets d'exclusion, l'écart entre métiers utilisateurs des TIC et les autres se transformant par l'effet cumulatif l'apprentissage lié à l'usage (Gollac, 2003). Dans domaine du logiciel, Wendy Mackay, de l'INRIA, décrit

Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail.

Impact qui peut aller jusqu'au rejet pur et simple : dans une étude sur l'informatique au travail dans le milieu du journalisme, A.F. de Saint-Laurent rapporte la réflexion « lci, les bons en informatique, ce sont des tocquards. Le boulot ici, c'est la recherche de l'information, l'investigation, pas l'informatique ». ( Saint-Laurent, 2000)

l'usage comme un processus co-adaptatif analogue aux processus biologiques des systèmes vivants où un organisme modifie son environnement tout en s'y adaptant.

Les projets de recherche qu'entreprend le CIGREF ont précisément pour objet de voir comment l'usage modifie la pratique du métier et comment l'évolution de l'organisation peut améliorer l'usage. Dans le domaine du logiciel, Wendy Mackay note qu'à certaines occasions, l'utilisateur peut jouer un rôle de traducteur entre la structure du logiciel et son usage effectif et être à la source d'innovation (Mackay, 1991). Il peut alors devenir un acteur du processus de conception et d'innovation des systèmes (Von Hippel, 2003)

A défaut, les conditions de travail sont considérées comme une variable d'ajustement. Quand un projet informatique échoue, par absence de cadrage stratégique, absence d'étude d'impact, survente par des consultants, généralement lié à une maîtrise d'ouvrage insuffisante ou absente, on en rend responsable les « utilisateurs » accusés de faire de la « résistance au changement » - qu'il va s'agir de « combattre » par l'intervention d'une nouvelle bordée de consultants. La grève de la toute nouvelle Bibliothèque Nationale de France en 1998 fut le résultat logique d'un système d'information arrogant, d'un projet guidé par des considérations de prestige où la fonctionnalité avait été rejetée au second plan. Seule la reprise en main de l'ensemble du projet autour d'un plan stratégique d'ensemble a permis de remettre sur les rails ce projet aussi dispendieux qu'inefficace (Rochet, 2003-2).

Management de l'innovation, nouveaux modèles d'activité, intégration des usages dans la conception, pilotage de la transformation organisationnelle, tels sont les facteurs clés de succès pour réussir l'entrée dans l'économie de la cinquième vague.

# Les axes de la stratégie CIGREF 2005 : « Agir pour la société de l'information »

L'industrie informatique a joué son rôle de propagateur d'innovation en associant à l'ordinateur et aux réseaux numériques des promesses de transformation en profondeur de l'économie. Elle a été relayée par des néophytes qui l'ont servie avec le zèle des nouveaux convertis.

Il est maintenant clair que la révolution technologique ne peut se réduire à « achetez et vous verrez ». Elle passe par une reconception des modèles d'affaires des firmes et de l'ensemble de leur organisation et des conditions de travail.

Il est dans la logique des cycles technologiques que le leadership passe maintenant des fabricants et vendeurs aux intégrateurs de technologie que sont les entreprises, les administrations, les organismes à but non lucratif qui seuls sont à même d'en faire naître de la valeur économique et sociale, sous réserve qu'elles développent les compétences de gouvernance du S.I. appropriées.

La stratégie CIGREF 2005 (figure 3) définit quatre objectifs stratégiques :

- 1. Permettre à l'entreprise de faire les bons choix S.I. pour améliorer l'usage : Il s'agit de prendre en compte les usages dans la conception des systèmes et donc de gérer le S.I comme un levier de création de valeur pour l'entreprise, en obtenant que la maîtrise d'ouvrage remplisse effectivement et de façon professionnelle l'ensemble de ses responsabilités.
- 2. Rééquilibrer les relations avec les fournisseurs : La fin de la logique financière doit aussi être celle d'une période où les entreprises utilisatrices sont la variable d'ajustement des stratégies des fournisseurs. C'est dans les entreprises utilisatrices que peut et doit se réaliser l'innovation induite par les TIC et le leadership des utilisateurs sur l'innovation doit s'accompagner d'un rééquilibrage des relations avec les fournisseurs.
- 3. Permettre à l'entreprise d'être un acteur de la société de l'information : Le rôle des politiques publiques est essentiel par le soutien à la recherche, la transformation du cadre institutionnel au plan national et international, la définition de nouvelles règles, l'accompagnement de la construction d'un nouveau consensus social. Mais alors que la France est un pays d'innovateurs, le système public de soutien à l'innovation est inadapté tant par le retard de l'administration dans le domaine du S.I que par sa capacité à interagir avec le marché et une nouvelle donne économique qui se construit dans la turbulence. Une coopération très proche entre les pouvoirs publics et les entreprises est donc nécessaire dans une perspective de développement de pratiques d'intelligence économique et stratégique.
- 4. Être alerté sur les risques et opportunités liés à l'usage des TIC : Les TIC permettent de créer de nouveaux systèmes dans un environnement turbulent où le risque est émergent. La gestion des risques est partie intégrante du management de l'innovation. Elle ne doit pas devenir un « principe de précaution » qui stériliserait les opportunités mais un art qui va de l'évaluation de la fiabilité des technologies émergentes à la scénarisation stratégique des nouveaux modèles d'activités.



Figure 3 : La stratégie CIGREF 2005

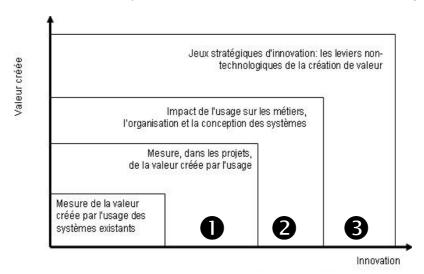
Le CIGREF mobilisera trois métiers pour y parvenir :

- La vie associative: le CIGREF est, en Europe, la seule structure de DSI fonctionnant sous le principe associatif à but non lucratif. Il est particulièrement adapté au partage d'expériences entre DSI, à la définition d'objectifs en lien avec les problèmes à résoudre par les DSI et au développement de concepts opérationnels.
- 2. L'influence: Le CIGREF entend jouer pleinement son rôle de représentant des entreprises utilisatrices face aux fournisseurs, auprès des pouvoirs publics et des institutions.
- 3. **L'intelligence**: Il s'agit de marier le partage d'expérience et la recherche: la première activité peut avoir pour inconvénient le conservatisme sur la base de l'expérience acquise tandis que la seconde peut ne pas trouver son point d'ancrage dans la réalité des entreprises utilisatrices.

Ces orientations se traduiront par le lancement fin 2003 d'un programme de recherche dont le thème générique est « création de valeur par le système d'information » et qui se déclinera en projets de recherche d'une durée de trois ans.

Ces projets correspondent aux trois niveaux de création de valeur en fonction de l'intensité de l'innovation :

- Dans les systèmes installés, il s'agit avant tout de définir une métrique pour mesurer la valeur produite, et de pouvoir utiliser cette métrique pour évaluer les projets au regard de leur contribution à la création de valeur.
- Les usages et leur impact sur les métiers et l'organisation sont la source d'innovation la plus immédiate qui permet de comprendre et d'optimiser la trajectoire technologique de l'organisation en intégrant la technologique dans les modes opératoires.
- La stratégie globale de la firme doit reposer sur la compréhension du jeu d'innovation dans lequel elle se trouve, jeu qui repose sur des leviers non technologiques.



Ce rapport présente la synthèse de la réflexion stratégique du Conseil d'administration et de l'équipe permanente du Cigref depuis la mise en place du projet Cigref 2005. Il est mis à jour annuellement, pour chaque assemblée générale

#### Document réalisé sous la direction de Claude Rochet

Professeur associé à l'Institut de Management Public d'Aix-Marseille III Laboratoire de recherche en gestion, Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines

Avec la collaboration de **Michel Volle**Président du Club des maîtres d'ouvrages des systèmes d'information

Et de **Serge Soudoplatoff**Animateur du club Galilée

## Références bibliographiques

- Benghozi, Pierre-Jean « Relations interentreprises et nouveaux modèles d'affaires », in « Economie de l'internet », Revue économique oct. 2001
- Brynjolfsson, Erik « Computing Productivity: Firm-Level Evidence » MIT Sloan School of Management, November 2002
- Brown et Goolsbee, "Does the internet make markets more competitive? Evidence from the life Insurance Industry". KSG, Harvard University, 2000
- Callon, Michel. « Variété et irréversibilité dans les réseaux de conception », in « Technologie et richesse des nations », Economica, 1992
- Caron, François "Les deux révolutions industrielles du XX° siècle", Albin Michel, 1997
- Corniou, Jean-Pierre « La société de la connaissance », Hermès, 2002
- David, Paul « Dépendance de chemin et prévisibilité des systèmes dynamiques », in « Technologie et richesse des nations », Economica, 1992
- Debonneuil, Michèle, Fontagné, Lionel « Compétitivité », CAE, La Documentation Française, 2003
- Dogson, Mark, Gann, David et Salter, Amon « The intensification of innovation », SPRU WP 65, avril 2001
- Flichy, Patrice « Genèse du discours sur la nouvelle économie aux Etats-Unis », in « Economie de l'internet », Revue économique oct. 2001
- FMI « World Economic Outlook », Oct 2001
- Franklin, Carl "Why Innovation Fails", Spiro Press, London, 2003
- Freeman, Chris, et Louça, Francisco "As Time Goes By", From the Industrial Revolutions to the Information Revolution. Oxford, 2001.
- Goldenberg, Jacob, Mazursky David "Creativity in Product Innovation", Cambridge University Press, 2001
- Gollac, Michel (sous la présidence de), "Les métiers face aux technologies de l'information », Commissariat Général du Plan, 2003.
- Gordon, Robert, « Technology and performance in the American economy », 2001
- Gordon, Robert, "Five puzzles in the behavior of Productivity, Investment and Innovation", September 10, 2003, draft, World Economic Forum, Global Competitiveness Report, 2003-2004.
- Landes, Robert, « Richesse et pauvreté des nations », trad Armand Colin, 2000
- Mackay, Wendy E, "Beyond Iterative Design: User Innovation in Co-adaptative Systems", Rank Xerox Research Center, Cambridge, 1991

- Miller, Roger, et Floricel, Serghei « An exploratory comparison of the management of innovation in the new and old economies », 2003 R&D Management
- Muldur, Ugur, in « Politiques industrielles pour l'Europe », La Documentation Française, 2003
- OCDE, « La nouvelle économie : mythe ou réalité ? », le rapport de l'OCDE sur la croissance, 2001
- OCDE, Information Technology Outlook, 2002
- OCDE, "Innovative clusters, drivers of national innovation systems", 2002
- Odlyzko, Andrew, 2002 « Internet growth : Is there a « Morre'sLaw » for date traffic ? »,
   « Internet growth : Myth and reality, use and abuse »
- Oliner, Stephen et Sichel, Daniel (2000) « The resurgence of growth in the late 1990s : Is information technology the story ? »
- Mowery, David C. "The computer software industry", in "Sources of Industrial Leadership", Cambridge, 1999.
- Mokyr, Joel « The Gifts of Athena, historical origins of the knowledge economy », Princeton University Press, 2002
- Pavitt, Keith et Edward Steinmuller « Technology in corporate strategy : change continuity, and the information revolution », SPRU, WP N° 38, 1999
- Pavitt, Keith et Patel P « Nature et importance économique des systèmes nationaux d'innovation » OCDE STI , 1994
- Perez, Carlota « Technological revolution and financial capitals: The dynaumics of bubbles and golden ages", 2003
- Pisano, G. P. « In Search of Dynamic Capabilities », in « The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities », Dosi, Nelson and Winter, Oxford, 2002
- Rochet, Claude (2001) « Dynamique industrielle et nouvelles technologies », in présentation de CIGREF 2005
- Rochet, Claude, « Conduire l'action publique, des objectifs aux résultats », Village Mondial, 2003.
- Rochet, Claude « Making crisis a momentum for change », Multinational Alliance for Organizational Excellence, Melbourne, Oct 2003
- Rochet, Claude, « Education et économie du savoir » in Revue Panoramiques « Education Nationale : des idées à rebrousse-poil », 2002
- Romer, Paul, « Two strategies for economic development : Using ideas and producing Ideas ». BIRD, 1992
- Rougier, Henri (sous la présidence de) « Economie du logiciel : renforcer la dynamique française : rapport du groupe de travail présidé par Hugues Rougier », Commissariat du Plan, 2003

- Saint-Laurent, A.F. « Qui fait Quoi ?, pratiques de l'informatique et résistance des métiers dans un quotidien régional », Actes de la recherche en sciences sociales, septembre 2000.
- Simon, Herbert « Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel », 1958, traduction Dunod
- Stiglitz, Joseph. Globalization and Its Discontents . New York: W. W. Norton, 2002 (traduit en français).
- The Economist, « The new geography of the IT industry », July 19 2003
- Van Ark, Bart, « Understanding productivity and income gaps in the OECD area: Are ICT and intangibles the missing links? », CCSO Quarterly Journal, 2002, vol. 4, issue 1
- VOLLE, Michel, Bernard GUIBERT, Jean LAGANIER Essai sur les nomenclatures industrielles " Economie et statistique " n° 20, février 1971
- Von Hippel, Eric « Welfare implications of user innovation », MIT Sloan School of Management, 2003
- Yang, Shinkyu et Brynjolfsson (2001) « Intangible assets and growth accounting from computer investments », <a href="http://ebusiness.mit.edu">http://ebusiness.mit.edu</a>

### **Annexes**

#### Le programme de recherche du CIGREF « SI et création de valeur »

Dans le cadre de la stratégie CIGREF 2005, le CIGREF se fixe pour objectif de produire une compréhension étayée et opérationnelle pour les entreprises et organisations membres des mécanismes de création de valeur par le S.I.

Chaque projet se greffe à la recherche existante en partenariat avec les institutions et les laboratoires de référence et produira une réflexion propre à la problématique des TIC et des DSI dans le management de l'innovation. Cela se traduira par deux types de livrables :

- un rapport de synthèse qui permettra d'orienter l'action du CIGREF dans le cadre du déploiement de la stratégie CIGREF 2005 ;
- la production de concepts et d'outils opérationnels pour les entreprises et organisations membres, qui les mettront en œuvre dans le cadre de leurs objectifs stratégiques propres.

### Faire des TIC un levier d'innovation

## Un exemple : le projet MINE Management de l'innovation dans l'économie numérique.

Dirigé par le professeur Roger Miller, de l'Ecole Polytechnique de Montréal, MINE reçoit un soutien important du gouvernement du Canada.

Une première recherche auprès d'entreprises américaines a permis d'identifier les « jeux d'innovation » que les entreprises mettent en œuvre. Ces jeux sont des stratégies de création de valeur par la technologie qui dépendent de paramètres qui ne correspondent pas aux secteurs d'activités mais à des paramètres originaux comme la proximité avec la science, l'environnement réglementaire, l'intensité de l'innovation,... En effet, contrairement aux théories qui ont longtemps prévalu, l'innovation ne se résume pas à une fonction de production qui produirait un résultat comparable à partir d'un intrant technologique identique. Les leviers de l'innovation sont principalement non technologiques, des « jeux » stratégiques, organisationnels, politiques dans le langage de MINE.

Le projet permettra de réaliser quelques 250 études de cas qualitatives, complétées par 1500 enquêtes quantitatives, sur l'Amérique du Nord et l'Europe. Il permettra d'identifier de manière précise les jeux d'innovation en fonction des secteurs d'activités, les facteurs clés de succès et les compétences clés à maîtriser, et de constituer une base d'analyse comparative permettant aux firmes de comprendre leur jeu, celui de leur concurrent et de développer les stratégies d'innovation appropriées.

Les livrables de ce projet seront :

- Pour le CIGREF, un rapport sur la problématique spécifique des TIC et le rôle des DSI dans la dynamique d'innovation;
- pour les entreprises membres, la description de leur jeu d'innovation et leur positionnement par rapport à leur concurrents.

Selon leur degré de participation, les entreprises membres pourront bénéficier de prestations élaborées à façon.

Pour la France et l'Europe (hors R.U), le projet est animé par le laboratoire de recherche en gestion de l'Université de Versailles Saint-Quentin, le CIGREF et ADL. Les entreprises membres du CIGREF bénéficieront d'un retour privilégié et de formations ad-hoc à partir des résultats du projet.

Tableau 1: les 5 cycles de Kondratiev (la première révolution industrielle intègre les cycles 1 et 2, la seconde les cycles 3 et 4, la troisième est ouverte par le 5° cycle)

Innovations techniques et organisationnelles	Exemples	Secteur économique moteur	Intrants clés	Infrastructure de transport et de communication	Changement organisationnel et managérial	Dates 1 Maturation 2 Crises
Moteur hydraulique	Moulin de Arkwright (1771) Puddlage (1784)	Filatures de coton Métallurgie Roue à eau	Fer Coton Charbon	Canaux, bateaux à voile	Usines, entreprenariats, partenariat d'affaire	1780 -1815 1815 - 1848
Moteur à vapeur dans l'industrie et les transports	1831: ligne Liverpool Manchester 1838: 1° vapeur transatlantique	Rails Moteur à vapeur Machine outils	Fer Charbon	Rail Télégraphe Bateau à vapeur	Sociétés par actions Contrats avec des artisans	1848 - 1873 1873 -1895
Electrification: industrie, transport, domestique	1875: Convertisseur Bessemer	Equipements électriques Sidérurgie Usines Chimie	Acier Cuivre Alliages	Voies ferrées Bateaux à vapeur Téléphone	Professionnalisation Systèmes de management Taylorisme Grande industrie	1895 - 1918 1918 - 1940
Motorisation du transport	Ligne d'assemblage de Ford (highland park) Craking du pétrole (1913)	Automobiles, camions, tracteurs, chars d'assaut, moteurs diesel, avions, raffineries	Pétrole Gaz Matériaux synthétiques	Radio Autoroutes Aéroports Lignes aériennes	Production et consommation de masse Fordisme Hiérarchie	1941 - 1973 1973
Informatisation de l'économie	IBM 1401 et série 360 (1960s) Microprocesseur Intel (1972)	Ordinateurs Logiciels Télécoms Biotechs	Circuits intégrés Navigateurs	Autoroutes de l'information	Réseau: internes, locaux, globaux	??

Source : Freeman et Louça, 2000

Tableau 2 : Le management de l'innovation dans les économies du 4° et du 5° cycle

	Nouveau rôle de l'innovation	Rôle classique
Rôle dans la création de valeur	Transformer les connaissances nouvelles en produits et définir des standards pour réduire les incertitudes d'usage	Comprendre les besoins du client et optimiser les spécifications produits, améliorer la qualité et réduire les coûts
Positionnement dans les réseaux d'innovation	S'appuyer sur un réseau d'entités spécialisées, maintenir des liens étroits avec les sources de production d'idées (Universités,), les bassins régionaux d'innovation et les capitaux risqueurs.	Internaliser le fruit de l'innovation dans les grandes firmes compte tenu de leur capacité à accumuler et à protéger la connaissance, construire des partenariats avec les fournisseurs, analyse comparative des produits et des processus.
Organisation interne de la fonction	L'innovation est une activité-cœur qui structure la firme : la libre créativité est associée à des objectifs clairs, des responsabilités et des délais. Il y a de nombreuses unités autonomes permettant une reconfiguration rapide de la firme	L'innovation est une activité support séparée des opérations : les budgets de recherche avancée sont centralisés et les budgets de recherche appliquée au soutien des produits existants sont décentralisés. On tend à externaliser l'activité pour réduire les coûts et accroître la flexibilité.
Recherche et production de connaissance	On explore très largement à l'extérieur (veille, intelligence économique et stratégique), les compétences clés permettent une intégration rapide des idées nouvelles, l'expérimentation interne est permanente.	L'apprentissage est centré sur la capitalisation de la connaissance tacite interne, qui est traduite en processus et en routines qui intègrent diverses plates-formes technologiques permettant de créer les compétences clés.
Gestion de portefeuille	Se positionner dans un environnement turbulent, gérer les transitions de plateformes technologiques, sélectionner les technologies émergentes de manière décentralisé par des critères stratégiques simples.	<b>Réduire l'incertitude dans les allocations de ressources</b> par le criblage des projets, la diversification des risques, l'équilibre entre les marchés, les cycles de vie des produits.
Processus de développement produits	Apprentissage et adaptation en temps réel : développement concurrent des concepts et de la conception produit, essais itératifs de prototypes systémiques pour développer les architectures, prototypage rapide de nouveaux produits sur le marché, technologies flexibles et modulaires.	Intégration de la résolution de problème : Intégration du marketing dans la conception, travail concurrent sur les aspects techniques, logistiques et manufacturing pour éviter les coûts de redesign, équipes projets pluridisciplinaires.
Gestion des obstacles internes pour capturer la valeur	Réinventer en permanence la firme : gestion de l'obsolescence des produits, des compétences et du découpage en unités d'affaires, face à celles résultant de l'innovation, essaimage d'unités nées de l'innovation.	Faciliter l'intégration de l'innovation dans les opérations par des projets pilotes d'intégration des innovations radicales, développer les nouvelles activités au travers de structures autonomes.
Protection externe de la valeur créée	La coopération permet de stimuler l'adoption : la coopération permet d'avoir accès à des plus large base de connaissance, de promouvoir de nouvelles applications, de définir des standards et des portefeuilles de produits complémentaires et d'influer sur la création de l'environnement réglementaire au travers d'associations professionnelles	Protéger l'avantage concurrentiel : La segmentation permet de bâtir des barrières à l'entrée et de rechercher des économies d'échelle et de défendre la propriété intellectuelle. Les marques permettent de baliser le champ et de développer des familles de produits.

Source : Miller et Floricel, 2003



http://www.cigref.fr