

séance du lundi 18 janvier 1999

LES NOUVELLES STRUCTURES DE LA RECHERCHE

Joël de Rosnay

L'innovation est la clef du développement et de la croissance des sociétés modernes. L'innovation est nourrie, dans les nombreux lieux où elle se manifeste et particulièrement dans les laboratoires, par la recherche fondamentale, la recherche appliquée et la recherche-développement. Ce sont des processus essentiels dans la naissance des nouvelles informations qui déterminent le développement industriel, économique et social. Mais il ne peut y avoir d'innovation sans informations et sans circulation rapide de ces informations. Ce qui implique des réseaux de communication performants et des organisations adaptées.

Une révolution technologique est en train de changer radicalement la production d'innovations ainsi que les structures mêmes de la recherche. Cette révolution est fondée sur la société de l'information émergente et particulièrement sur l'essor des réseaux interactifs multimédia dont fait partie l'Internet.

Quels sont les processus et les organisations qui favorisent l'innovation ? Comment l'homme réagit-il face à l'innovation, en utilisant de nouveaux outils, de nouvelles méthodes et de nouvelles procédures ? Quelles seront les grandes tendances de l'innovation au début du XXI^e siècle dans les domaines des sciences du vivant, des sciences de l'information ou des nouveaux matériaux ?

Il est classique de considérer le processus de l'innovation comme linéaire et séquentiel dans le temps. Les découvertes conduisent à des inventions et celles-ci ouvrent vers des innovations industrielles. Les découvertes réalisées dans des laboratoires de recherche publics ou privés débouchent sur des publications scientifiques, critiquées et discutées par la communauté scientifique internationale. Ces découvertes peuvent donner naissance à des inventions qui se traduiront par des brevets. A partir de ceux-ci il est possible de créer des innovations qui mèneront à la mise au point de prototypes, de premières séries industrielles et à la commercialisation de produits nouveaux. Cette vision classique et linéaire de l'innovation conduit à l'établissement de cloisons entre secteurs traditionnels de recherche. Entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, entre la recherche appliquée et la recherche-développement. Les mentalités sont différentes. Les approches scientifiques, techniques et industrielles le sont également. Les crédits ne sont pas du même ordre de grandeur. Il existe des frontières, voire des barrières, entre ces différents domaines, rendant plus délicat encore le passage de la découverte à l'invention et à l'innovation.

L'approche moderne du processus d'innovation est une vision multidimensionnelle et matricielle. Découverte, invention et innovation sont interdépendantes. Reliées dans l'espace et dans le temps. Une invention pourra donner jour non seulement à des innovations, mais aussi à des recherches fondamentales. De même, des recherches fondamentales déboucheront sur des recherches appliquées pouvant conduire à leur tour à des innovations technologiques. Il existe une rétroaction entre les applications de la recherche et la recherche appliquée. Si l'on considère un axe vertical illustrant l'avancement des connaissances fondamentales et un axe horizontal représentant les débouchés pratiques nécessaires à l'évolution de la société, on peut considérer que la bissectrice correspond à la fois à l'avancement des connaissances théoriques et à la mise au point de produits innovants utiles aux besoins des hommes. L'innovation se produit donc dans un espace multidimensionnel à la croisée de différents

En revanche, les innovations d'intégration sont plus difficiles à comprendre et à mettre en œuvre. L'Internet en est un exemple typique. Il ne s'agit pas d'une technologie mais d'un système technologique fait de multiples intégrations: plusieurs domaines tels que les télécommunications, l'informatique, les logiciels de recherche se joignent pour créer un nouvel espace, un nouveau système technologique combinant plusieurs technologies de l'informatique et de la communication.

Les innovations de substitution sont plus faciles à mettre en lumière, à décrire et à utiliser que les innovations d'intégration. Pour mieux les comprendre, il importe d'adopter de nouvelles attitudes. Il nous faut une approche systémique, plus globale, qui tienne compte des interdépendances, des différents facteurs et de leur dynamique dans le temps.

L'approche systémique est mise en œuvre non seulement dans les grandes entreprises et les laboratoires de recherche, mais aussi dans des régions qui réussissent à concentrer l'innovation et débouchent sur des réalisations industrielles d'exception. Ainsi la Silicon Valley. Plusieurs études ont évalué les effets de l'interdépendance d'un certain nombre de facteurs sur l'innovation parmi lesquels la mobilité, les réseaux de communication, les types de financement et la présence de grandes entreprises finançant les recherches ou encore un marché boursier actif pour les nouvelles technologies. La mobilité est celle des idées, des hommes et des capitaux. Grâce au *venture capital* disponible pour les *start-up*, de petites entreprises de pointe bénéficieront d'une forme très souple de capitaux qui catalysera, accélérera l'innovation. Les réseaux réunissent les hommes et les font se rencontrer, qu'il s'agisse d'universités, de sociétés de haute technologie, du réseau Internet ou des réseaux d'information qui diffusent très rapidement les nouvelles. Les communiqués de presse, les revues, colloques, séminaires, lieux de rencontre, favorisent également la communication des idées et donc l'innovation. Enfin, l'émulation produite par les *success stories* des entrepreneurs qui ont réussi, la possibilité de faire entrer son entreprise sur le marché boursier des nouvelles technologies ou de la revendre à des sociétés internationales, est propice à la création d'entreprises innovantes. Le succès de celles-ci et donc de la Silicon Valley ou de toute région de même nature, a pour base, en définitive, des effets d'amplification. Cumulatifs, ces effets sont la conséquence d'une sorte de « masse critique » d'innovations, reposant elle-même sur une forte densité d'informations, une circulation rapide des informations et leur mise en commun par des réseaux de communication puissants et ramifiés. De tels réseaux de communication n'englobent pas seulement l'Internet et les intranets, mais aussi les réseaux humains qui, par la rencontre, le débat et l'intercréativité, sont des facteurs puissants de l'émergence des innovations.

*
* *

De quels outils, de quelles méthodes, de quels moyens disposent les hommes face à la nécessité d'innover ?

La révolution majeure est celle de la communication marquée principalement par l'émergence d'Internet. Ce réseau interactif multimédia favorise l'innovation en amplifiant les capacités de chacun à accéder à des bases d'informations et à les échanger. Ce brassage continu des informations et de l'intelligence constitue une masse critique agissant à son tour en faveur des idées, de leur circulation et donc de l'innovation.

L'Internet est un réseau de réseaux qui interconnecte des ordinateurs et des hommes à l'échelle mondiale. Cent quarante millions de personnes lui sont maintenant reliés. Ils interrogent près de vingt deux millions de sites web - cette toile d'araignée mondiale - et consultent presque un milliard de pages d'informations. Les chercheurs du monde entier s'en servent pour accéder à des informations essentielles pour leur travaux, pour publier, pour rechercher colloques, séminaires ou forums auxquels participer; échanger des données par

laboratoires de recherche universitaire et dans les centres et institutions de recherche en général.

Pour utiliser de la manière la plus efficace possible les nouveaux réseaux de communication, il convient de disposer d'outils performants et de mettre en œuvre des méthodologies adaptées.

Les outils les plus performants sont représentés par les micro-ordinateurs personnels. L'ordinateur était surtout un calculateur dans les années 50 et 60. Puis il est devenu l'« ordinateur », capable de traiter non seulement des chiffres, mais aussi du texte, des graphiques et des images. L'ordinateur personnel joue de plus en plus le rôle de « communicateur personnel multimédia ». Il permet non seulement la communication en réseaux, mais aussi le stockage des informations, leur présentation et la publication des résultats.

Trois approches sont aujourd'hui fondamentales dans la réussite des politiques favorisant l'innovation : la veille technologique, l'intelligence économique et la prospective systémique.

La veille technologique consiste à définir les axes stratégiques permettant de focaliser les recherches d'informations sur un certain nombre de domaines. Celles-ci sont ensuite extraites, triées, comparées, croisées entre elles, afin de faire ressortir les convergences existant entre certaines tendances. Ces informations sont stockées, diffusées à d'autres, évaluées et comparées afin d'être directement appliquées ou réinjectées dans la base de données pour corriger les axes stratégiques et conduire à de nouveaux critères de veille.

L'intelligence économique ou intelligence concurrentielle s'appuie sur des méthodes statistiques et probabilistes nécessaires pour rechercher de façon systématique certains types d'informations ou analyser des tendances dans le but de suivre l'évolution de la concurrence.

La prospective systémique moderne ne se contente plus de réaliser des extrapolations de tendances mais s'appuie sur un double mouvement prospectif et rétrospectif. La démarche prospective consiste à réaliser, à partir de la veille technologique, économique et concurrentielle, des analyses de tendances en étudiant les convergences entre secteurs. Une mise en lumière de ces convergences sera facilitée par la définition d'un scénario situé dans un avenir proche et qui focalise les tendances les plus pertinentes. A partir de ce scénario on pourra rechercher dans les bases de données des éléments complémentaires ou plus détaillés, nécessaires pour valider ou invalider le scénario proposé. Cette démarche pourra conduire soit à déplacer le scénario dans le temps, soit à en changer les paramètres constitutifs. Il s'agit alors de la démarche rétrospective.

Par suite d'une boucle répétitive entre les deux démarches, on précise ainsi, par un mouvement itératif, non seulement le scénario, mais aussi les tendances convergeant vers celui-ci.

Les trois méthodes que sont la veille technologique, l'intelligence économique et la prospective systémique sont déterminantes dans le succès des processus conduisant à l'innovation. Aussi doivent-elles être intégrées dans toute démarche menant à de nouvelles stratégies de l'innovation. Celles-ci prennent en compte une vision globale des axes privilégiés de développement pour l'entreprise, des méthodes d'évaluation, de créativité, de veille et de prospective, et l'utilisation préférentielle des réseaux de communication tels qu'Internet et les intranets. La plupart des entreprises reconnues comme les plus innovantes dans les secteurs des sciences du vivant ou des sciences de l'information, appliquent une telle stratégie de l'innovation.

Comment favoriser l'innovation en mettant en œuvre les structures les mieux adaptées

nature catalytique, agissent efficacement en faveur de l'innovation. Enfin, il convient d'évaluer de façon permanente les résultats afin d'adapter les systèmes innovants aux contraintes du monde extérieur et à celles qui résultent de l'organisation des équipes de recherche.

Grâce aux méthodes de veille technologique et de prospective systémique, est-il possible de dégager les grandes tendances qui se dessinent à l'aube du XXI^e siècle dans les secteurs des sciences du vivant et des sciences de l'information ?

Il apparaît que le mariage entre la biologie et l'informatique conduira à des innovations importantes dans les secteurs médical et pharmaceutique; dans les domaines de l'agroalimentaire, de la robotique, de l'informatique ou des télécommunications.

La puce informatique miniature ou la bactérie génétiquement reprogrammée symbolisent cette tendance à la miniaturisation des processus de traitement d'informations et la convergence des secteurs de la biologie et de l'informatique. Les trois notions fondamentales qui émergent de ce mariage sont la miniaturisation, la vitesse et la convergence. On peut en donner quelques exemples: les « puces à ADN », la chimie combinatoire, le micro-ordinateur sur une puce, les micro-laboratoires ou le bio-ordinateur.

Les puces à ADN ou bio-puces sont construites comme les puces informatiques pour concentrer sur une surface très réduite des dizaines, voire des centaines de milliers de molécules capables de reconnaître d'autres chaînes d'ADN et ainsi identifier des virus, des bactéries ou des gènes dans un temps extrêmement réduit. Dans les prochaines années le bas prix des bio-puces marquera de son incidence le coût de l'hospitalisation, des analyses effectuées en milieu hospitalier ainsi que la Sécurité sociale.

La chimie combinatoire repose sur des synthèses en parallèle permettant d'obtenir en un temps record des millions de molécules nouvelles que la chimie classique aurait mis des années à produire.

Un micro-ordinateur sur une puce illustre aujourd'hui la possibilité de regrouper toutes les fonctions d'un ordinateur sur un minuscule support de quelques millimètres carrés. L'informatique va ainsi disparaître dans l'environnement, devenir ubiquitaire. Cette étape représente l'une des plus grandes innovations informatiques des prochaines années.~

De nombreuses applications vont naître de cette révolution: systèmes de communication portables miniatures, scanners, appareils médicaux, prothèses, équipement militaires...

Les micro-laboratoires sont des systèmes d'analyse multifonctions capables de tenir sur des surfaces minuscules d'à peine un centimètre de côté. A partir de capillaires très fins, de pompes miniatures, de centrifugeuses de taille réduite, de systèmes de séparation, de coloration et de détection, il devient possible de réaliser des centaines de milliers d'analyses à l'heure alors que les techniques classiques requéraient des jours, voire des semaines. Les entreprises qui ne s'adapteront pas à ces innovations perdront certainement des marchés.

Les bio-ordinateurs sont fondés sur la propriété, découverte par Léonard Adleman, qu'a l'ADN de pouvoir traiter de l'information en parallèle. Déjà des expériences réalisées à partir de molécules d'ADN ont permis de résoudre des problèmes complexes grâce au parallélisme des opérations.

Dans les sciences du vivant, les sciences de l'information, l'énergie et les matériaux nouveaux, les transports, l'habitat, les télécommunications, de nombreuses innovations vont voir le jour au cours des dix prochaines années. Elles résulteront de la capacité des laboratoires de recherche universitaires et industriels à relier découverte invention et