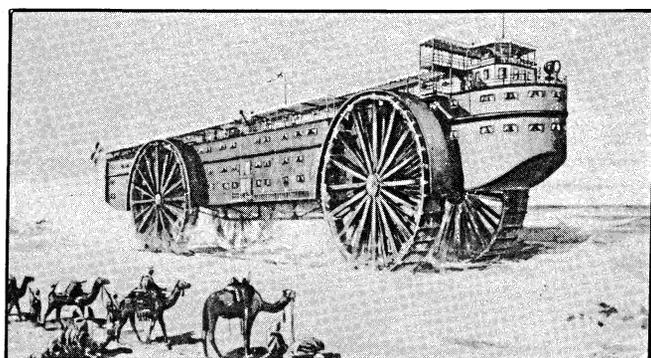


Melvin
Kranzberg.

Professeur d'Histoire
des Techniques
Georgia Institute
of Technology.

Le processus d'innovation*.

Un modèle écologique.



I. CONCEPTIONS POPULAIRES DU PROCESSUS D'INNOVATION.

La mythologie populaire n'offre que des notions simplistes du processus d'innovation. Pourtant, ce folklore simpliste manifeste déjà la nature complexe du processus. Ainsi les bandes dessinées ne nous livrent que des demi-vérités, qui sont toutefois très importantes. On y voit l'inventeur — individu plutôt excentrique symboliquement affublé d'une ampoule suspendue au-dessus de sa tête — saisi d'une brusque illumination (l'ampoule s'allume), et hop, l'invention est faite ! Ces bandes dessinées voient juste en ce sens qu'elles montrent l'importance de l'imagination et de l'ingéniosité individuelles dans l'innovation, mais elles n'ont qu'en partie raison car la compréhension intuitive n'est que l'une des nombreuses étapes qui mènent à une innovation réussie.

«La nécessité est la mère de l'invention» est une autre demi-vérité. Comme nous le verrons, la demande est effectivement un élément moteur important, mais elle ne suffit pas à expliquer l'invention car de nombreux besoins n'ont encore donné lieu à aucune invention et de nombreuses innovations sont apparues pour des causes différentes. En outre, des inventions complémentaires sont bien souvent nécessaires pour rendre efficace l'invention originale. On pourrait donc tourner ainsi l'adage : «L'invention est la mère de la nécessité.» Mais l'explication par la «nécessité» contient malgré tout une vérité importante : elle nous oblige à prendre en considération les besoins sociaux et les désirs individuels qui concourent à formuler les problèmes sur lesquels les inventeurs portent leur attention.

Autre adage qui souligne le même aspect, celui attribué à Ralph Waldo Emerson : «Si un homme fabrique une meilleure souricière que son voisin, il pourra construire sa maison dans les bois, le monde frayera un chemin jusqu'à sa porte.» Bien que de nombreuses «meilleures souricières» ne deviennent jamais des in-

*The ecology of innovation.**

◀ Intérieur d'un laboratoire de construction de missile Lockheed.



La lune. Cliché NASA.

novations réussies, cette constatation d'Emerson est importante car elle attire l'attention sur la nécessité de relier les besoins sociaux à l'activité d'invention.

Le folklore populaire vante aussi les mérites des « capitaines d'industrie », force motrice du processus d'innovation, qui donnent aux besoins sociaux des réponses techniques grâce à des synthèses hardies et pleines d'imagination. En effet, sans la contribution du savoir-faire organisateur de l'entrepreneur, de son capital, de ses capacités à produire et à vendre, etc., toute invention est mort-née. Mais ces fameux « capitaines d'industrie » ont été largement remplacés par des établissements sans visage ; l'entrepreneur s'est mué en une fonction. De plus, l'idée — l'invention — doit exister avant que l'entrepreneur puisse en faire une innova-

tion. Une demi-vérité, même « écrite en grosses lettres » dans le folklore, reste une demi-vérité.

Autre notion populaire depuis la *Nouvelle Atlantide* de Francis Bacon : l'idée que les innovations technologiques sont le produit des découvertes scientifiques. Si l'on doit accorder quelque crédit à cette généralisation, ce ne peut être que relativement à l'époque moderne — encore que, comme nous le verrons, la situation soit beaucoup plus compliquée que cela et ne se réduise pas à une simple relation de cause à effet entre la science et la technologie. Cette conception exerce néanmoins une grande influence ; c'est elle qui, par exemple, légitime le soutien du gouvernement à la recherche fondamentale, soutien qui repose sur l'hypothèse que cette recherche finira par se révéler

utile.

Une autre idée populaire veut que l'innovation se fasse sur commande. Cette idée repose sur le mythe de la virtuosité technologique et de l'association « talent plus argent ». Nourri dès son plus jeune âge par l'histoire des « réussites », le public a placé sa foi dans l'aptitude de la technologie à triompher de tous les défis qui lui sont lancés. Bien que, depuis quelque temps, certains esprits irrespectueux doutent que la technologie puisse triompher de tout et que certains humanistes critiquent ce triomphe (ils demandent, sur le mode de la récrimination, quoique à juste titre, quelles en sont les finalités humaines), le public dans son ensemble paraît juger la technologie positive ou, du moins, n'est pas prêt à renoncer aux avantages qu'elle procure. A cela s'ajoute la

croissance que le fait de « dépenser de l'argent pour des problèmes » produira des innovations technologiques en vertu du simple expédient qui consiste à investir du talent et de l'argent. Les programmes démarrés en catastrophe tels que ceux de la bombe atomique ou du caoutchouc synthétique durant la Seconde Guerre mondiale ou encore de l'exploration spatiale plus récemment en sont des exemples historiques.

Cette idée de l'innovation comme produit du talent et de l'argent est apparue au cours de l'actuelle « crise de l'énergie ». Le « Projet d'indépendance » qui, dans sa forme originelle, préconisait d'investir dans le développement technologique pour rendre les Etats-Unis indépendants des sources d'énergie extérieures dès 1980, reposait sur une série de mythes : la nécessité mère de

l'invention, l'invincibilité de la technologie et l'efficacité du soutien financier gouvernemental.

Bien qu'on puisse dire à juste titre que de tels problèmes ne sont pas solubles sans investissement en talents et en argent et que la technologie a, en diverses occasions, produit sur commande des succès spectaculaires, la relation simpliste de cause à effet implicite dans ces notions disparaît face aux éléments complexes qu'elle ne parvient pas à affronter. A quelle approche (ou ensemble d'approches) techniques faut-il affecter l'argent ? Quels sont les talents nécessaires et à quelles étapes du processus faut-il les utiliser ? N'importe quelle structure d'organisation peut-elle faire l'affaire ? Quel sera le prix à payer sur le plan social, politique, humain ? Les effets secondaires ou plus indirects sont-ils également désirables et sinon, les effets indésirables peuvent-ils être acceptés ? Quel est en fait le bilan de l'« innovation sur commande » : a-t-on enregistré aussi bien les échecs que les réussites ? Derrière ces notions apparemment simples se cache en fin de compte un labyrinthe de questions complexes.

Pourtant ces conceptions populaires de l'innovation exercent une influence extraordinaire : il semble y avoir une attirance intrinsèque dans le fait d'expliquer de façon simple des phénomènes complexes. Jusqu'aux spécialistes de la recherche sur l'innovation qui subissent cette attirance. Afin de corriger les demi-vérités qui pourraient surgir de ces approches partielles, nous devons chercher à étudier le processus d'innovation dans toutes ses ramifications. Nous sommes donc affrontés sans détours à la question suivante : que savons-nous de l'innovation ?

II. DÉFINITIONS, DISTINCTIONS ET USAGES.

Les chercheurs intéressés par le processus d'innovation technologique appartiennent à des disciplines diverses et considèrent ce processus en fonction de leur propre point de vue. Les définitions qu'ils en donnent et les distinctions conceptuelles qu'ils lui appliquent ne présentent donc à peu près aucune uniformité. Certains économistes réservent, par exemple, le mot d'« innovation » à l'application d'une « invention », c'est-à-dire à son apparition sur le marché. Tel est le cas de Schumpeter et de Mansfield. L'Office des Brevets américain ne s'intéresse qu'à l'événement initial, au moment où sont accordés les droits, et ne s'occupe pas des applications finales. Comme nous le verrons, les spécialistes de l'anthropologie culturelle, de l'organisation scientifique du travail et d'autres disciplines ont des notions différentes de l'innovation et des divers éléments qui la composent.

Les spécialistes différencient également l'« invention » de la « découverte ». Selon Forbes, cette différence tient à la distinction entre science et technologie : une découverte scientifique, c'est généralement la reconnaissance ou l'observation premières d'un objet ou d'un phénomène naturels, tandis que l'invention, c'est la création de quelque chose de technologiquement nouveau qui n'existait pas jusque-là. Ainsi l'homme « découvrit » le feu, mais il dut « inventer » des moyens de l'allumer et de

l'utiliser pour s'éclairer et se chauffer. Néanmoins, cette distinction peut nous induire en erreur car ce que nous appelons « invention » peut parfois être classé comme une découverte, ainsi la « découverte » par Perkin des propriétés colorantes de l'aniline, qui fut aussi l'« invention » des colorants de synthèse.

Pour faire la part de ces diverses préoccupations, nous avons donné au terme « processus d'innovation technologique » une interprétation très large : celle de tout l'éventail des activités qui vont de la définition initiale du problème et de la génération de l'idée à la diffusion des systèmes, procédés et produits nouveaux en passant par la recherche et le développement, l'élaboration technique et la production. Il serait tentant de voir dans ces éléments les différentes phases d'un processus séquentiel linéaire. Mais, comme nous le verrons plus loin, cette conception, sous des dehors séduisants, se révèle impraticable car elle ne correspond tout simplement pas aux faits.

Les mythes populaires et la littérature spécialisée que nous avons étudiés au sujet du processus d'innovation reposent sur trois idées implicites essentielles : 1° ce processus agit en réponse à un besoin ou à une occasion qui se présente, c'est-à-dire qu'il dépend du contexte ; 2° il dépend d'efforts créateurs et, s'il réussit, produit une chose nouvelle ; et 3° il amène ou induit le besoin d'autres changements.

Bien que la plupart des innovations soient induites par un besoin, celui-ci ne s'exprime pas nécessairement de façon spécifique. Il peut très bien y avoir, par exemple, un besoin général de transport plus rapides, sans que cela implique pour autant de produire des avions supersoniques. Ou encore, à partir d'un désir général de se rendre séduisant pour l'autre sexe, les fabricants de déodorants corporels tentent de persuader le consommateur que leur produit répond à ce désir et y répond mieux que d'autres produits tels que les parfums, le savon ou l'eau. Les « innovateurs sociaux » de Madison Avenue se sont montrés particulièrement habiles dans la transformation des désirs généraux en demandes de produits spécifiques. Quoi qu'il en soit, une innovation promet d'être, d'une façon ou d'une autre, « meilleure » que les moyens existants qui visent au même but, en offrant soit une qualité meilleure pour un prix égal, soit la même qualité pour un prix inférieur, soit un procédé de production plus rapide, etc.

Dans d'autres cas, l'événement qui stimule les efforts d'innovation peut être une possibilité technique nouvellement mise au point pour laquelle on cherche des applications. La mise au point du transistor, par exemple, avec ses potentialités de miniaturisation, déboucha sur toute une « famille » d'innovations. Certains éléments semblent montrer que les progrès majeurs sont plutôt issus de possibilités techniques nouvelles, alors que les progrès techniques mineurs, les améliorations sont plutôt induites par un besoin. Dans les deux cas, le processus d'innovation dépend dès le début de l'environnement : il est une réponse.

Il faut noter que l'innovation n'est pas la seule réponse aux besoins ou aux désirs. Certaines religions et certains systèmes culturels traditionnels de l'Orient nient ou écartent les problèmes ou les besoins au lieu de

leur chercher une réponse. On peut expliquer ce fait en disant que, dans ces cultures, la réalité est avant tout de nature spirituelle et qu'il apparaît donc inutile ou sans importance de changer les conditions matérielles de la vie.

Un autre type de réponse consiste non pas à innover, mais à étendre l'application d'une technologie déjà utilisée. Exemple typique en Amérique au XX^e siècle : la construction d'autoroutes supplémentaires pour résoudre le problème de celles qui étaient encombrées.

Même si la réponse à un besoin ou à un désir est une innovation, celle-ci peut ne pas être technologique. Il existe ainsi des innovations sociales — « méthodes nouvelles pour amener les êtres humains à entrer en concurrence et à coopérer dans le processus social » (Kuznets) — telles que le « Corps de la Paix » ou la publicité ; ces innovations sont d'abord sociales et accessoirement technologiques. Il existe aussi des innovations économiques qui n'ont pas nécessairement pour composante essentielle la technologie, telle l'introduction de la comptabilité en partie double dans l'Italie de la Renaissance ; ou des innovations commerciales telles que les supermarchés et l'achat à crédit. Les innovations politiques comprennent les nouveaux types d'organisation bureaucratique ou les systèmes politiques nouveaux tels que l'Etat patron ou les « démocraties populaires ». Toutefois notre étude se limitera aux innovations technologiques et n'abordera les autres types d'innovations que lorsque le propos l'exigera.

Les notions de créativité et de nouveauté appellent aussi des remarques. Que le stimulant initial soit un besoin ou une occasion offerte par la technique, la créativité est nécessaire — au niveau de l'idée initiale qui doit générer une réponse efficace comme aux différents niveaux de la transformation de cette réponse en une innovation réussie. Une foule de variables issues du contexte peuvent faciliter ou inhiber les réactions créatrices ou les aiguiller sur certaines voies. Un fait est particulièrement important à cet égard : ceux par excellence dont on attend des idées nouvelles d'innovations techniques — ceux qui travaillent dans les laboratoires de R-D — sont généralement engagés dans des projets déjà lancés. Il n'est pas évident que ce contexte soit le plus favorable à la conception d'idées nouvelles.

Une tentative d'innovation, si elle réussit, aboutit à l'introduction d'une nouveauté. La législation sur les brevets intervient dans le domaine des nouveautés uniquement pour déterminer la priorité juridique de l'invention, et non pour définir la nature de l'innovation. Pour l'Office des Brevets, une invention doit être nouvelle et utile, et doit représenter plus qu'une banale amélioration ; elle doit être une « contribution au moins supérieure à la simple habileté mécanique ». En 1880, la Cour suprême employa le terme d'« illumination » pour décrire l'une des caractéristiques essentielles de l'invention, soulignant ainsi le rôle de la créativité.

Notre propos exige une explication plus détaillée de la notion de nouveauté, de manière à éviter une confusion sémantique fréquente dans la littérature. Une chose ne peut être nouvelle que par rapport à un cadre de référence. Dans la phase d'innovation, le cadre de référence est l'état de l'art du moment. Mais dans la phase de

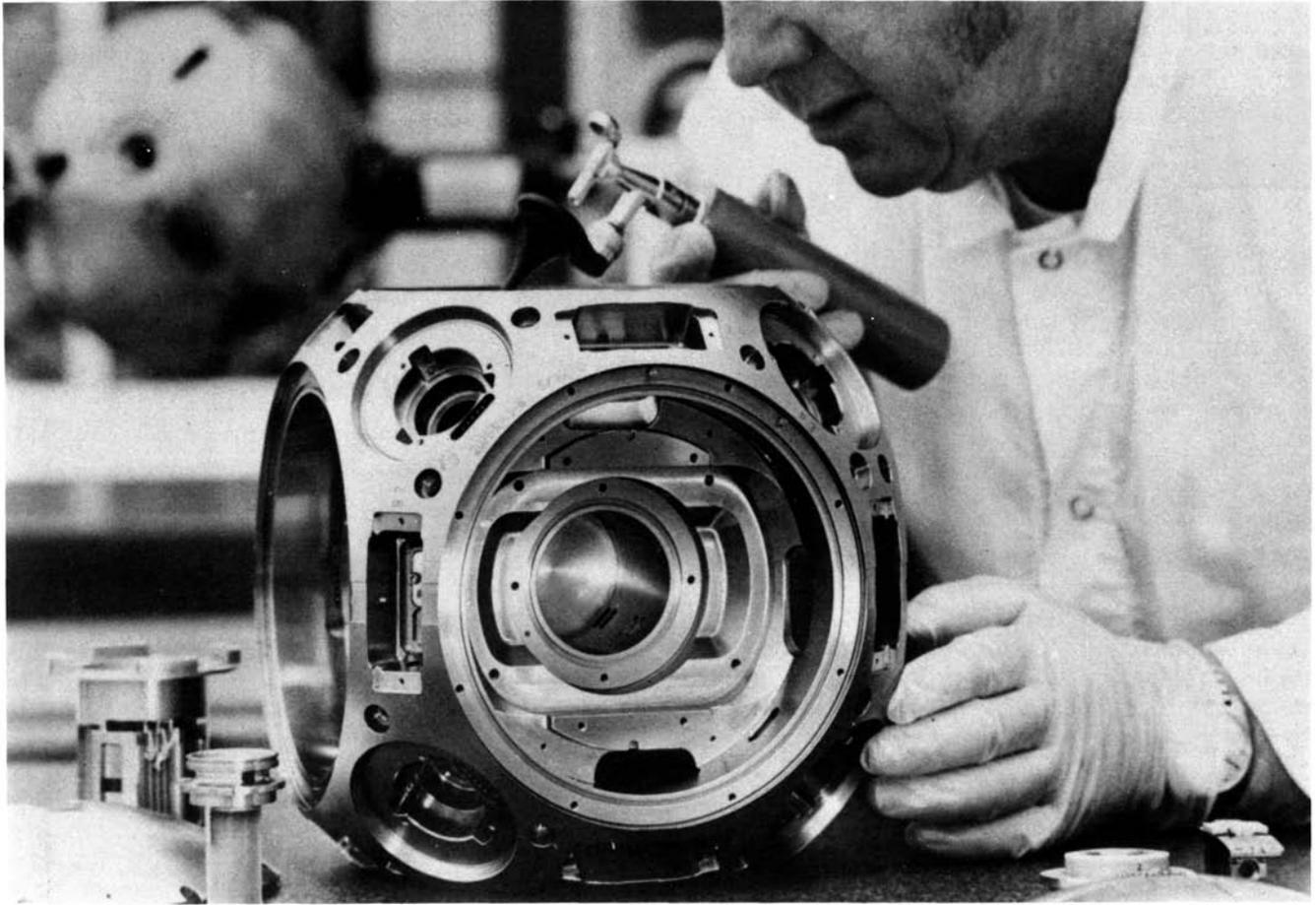
diffusion, le caractère nouveau de l'innovation dépend de l'agent particulier qui l'adopte. C'est ce cadre de référence ultérieur dont parle Hodgen en disant qu'il y a innovation technique « lorsqu'un outil, un dispositif, un savoir-faire ou une technique, qu'ils soient par ailleurs ignorés ou connus, sont adoptés par un individu dans une communauté particulière et considérés comme nouveaux par les membres de cette communauté ». La nouveauté caractérise donc une innovation non seulement lors de sa première utilisation, mais encore à chaque fois qu'elle est adoptée et utilisée dans d'autres contextes. Dans un cas, on a quelque chose de « nouveau sous le soleil », et dans l'autre, quelque chose de « nouveau sous son toit ».

Enfin, alors que l'impact social des innovations technologiques, c'est-à-dire les changements qu'elles induisent, n'est qu'un domaine adjacent à notre perspective — puisque celle-ci concerne le processus lui-même — certains penseurs voient dans le processus un élément intentionnel : celui de produire, par l'innovation, des changements dans l'environnement physique et social. Ainsi Tannenbaum affirme que « l'innovation technologique est l'application nouvelle de connaissances et de techniques physiques en vue de produire des changements prémédités dans l'aspect physique de notre environnement », tandis que Peter Drucker voit dans l'innovation une tentative consciente pour susciter, grâce à la technologie, des changements dans la façon de vivre des gens.

Bien que ces affirmations, qui soulignent l'impact essentiel de l'innovation, soient exactes, elles négligent, en insistant sur sa nature intentionnelle, deux points importants. Le premier, c'est que la plupart des innovations ne sont pas issues de ce genre de considérations transcendantes sur le changement social, mais de calculs beaucoup plus terre-à-terre faits par les hommes d'affaires sur les coûts, les bénéfices, l'accès aux ressources, etc., par les techniciens qui appliquent leurs propres visions de l'efficacité technique ou par les gouvernements qui réagissent à différentes pressions, et ainsi de suite. Deuxièmement — et c'est de nos jours un sujet majeur de préoccupation sociale — les innovations peuvent causer des changements différents de ceux qu'envisageaient leurs auteurs. C'est ainsi que les changements imprévus suscités par l'application à grande échelle d'innovations telles que l'automobile ou le DDT ont amené la création de la nouvelle « évaluation technologique », qui s'efforce d'étudier les effets secondaires — ou plus éloignés — des innovations technologiques avant leur mise en application.

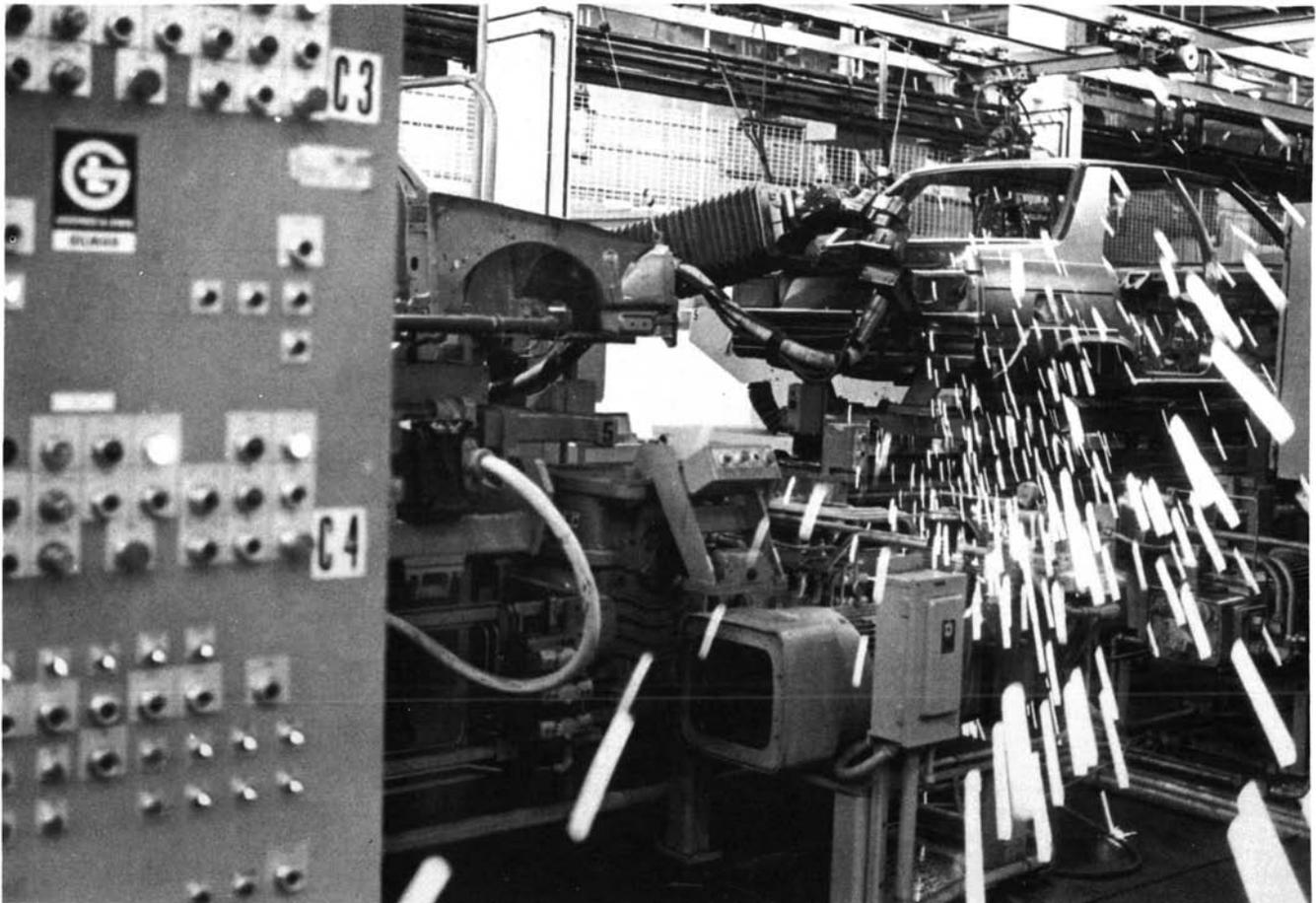
III. THÉORIES CLASSIQUES DE L'INNOVATION.

Si l'on tente de ranger en catégories les théories classiques de l'innovation, on s'aperçoit qu'elles se polarisent en deux groupes : les théories déterministes et les théories individualistes (celles du « héros », du « grand homme »). Selon l'explication déterministe, une innovation se produit lorsque les conditions sont « appropriées » ; cette position souligne le rôle des forces sociales et des autres facteurs, surtout militaires et économiques, qui contribuent aux changements



▲ *Jim Corfield, Northrop Corporation*

Plant at Welding, Kenosha, Wisc. ▼



technologiques. La théorie « héroïque », elle, accentue le rôle de l'individu et minimise l'influence des pressions extérieures.

Ces deux thèses majeures ne sont pas exclusives l'une de l'autre ; aucun spécialiste n'a jamais prétendu que l'innovateur individuel faisait son propre parcours sans aucune pression extérieure, et même les plus chauds partisans de l'école déterministe reconnaissent que des forces nombreuses et diverses s'exercent par l'intermédiaire des individus. Tout cela est à l'origine de théories composites et très élaborées où voisinent des éléments appartenant aux écoles déterministe et individualiste.

Une grande variété d'éléments exogènes — désirs individuels, besoins sociaux, demandes économiques, nécessités militaires, contraintes géographiques et climatiques, etc. — peuvent aider à déterminer l'importance et la nature de l'activité innovatrice, et ces éléments peuvent s'exprimer de nombreuses façons. Par exemple, les nécessités économiques peuvent être différentes suivant les ressources et dépendre du coût de la main-d'œuvre, du capital, des combustibles, des matières premières, etc. D'autres facteurs externes tels que la géographie et le climat ont été invoqués pour expliquer que certaines civilisations apparaissent plus innovatrices que d'autres ; il y a ainsi ceux qui n'attribuent de créativité technologique qu'à certains groupes ethniques.

L'importance des facteurs socio-culturels exogènes se déduit clairement du fait que des sociétés différentes se révèlent particulièrement fertiles en innovations à des époques différentes de l'histoire. On peut ainsi expliquer, en se référant uniquement à des éléments socio-culturels, pourquoi la Chine du Moyen Âge fit preuve d'un génie technologique qui surpassa de loin celui de l'Occident à la même époque. De même, on peut, par une explication socio-culturelle, déterminer les raisons pour lesquelles la Chine échappa à la Révolution industrielle et l'Occident prit la tête dans les domaines scientifique et technologique à partir du XVII^e siècle.

Les facteurs socio-culturels sont également considérés comme responsables des inventions simultanées. Étant donné la large diffusion des connaissances technologiques dans le monde moderne, la similitude des problèmes techniques et les potentialités apparemment universelles de l'esprit humain, il n'est pas étonnant que de nombreux inventeurs trouvent à peu près en même temps des solutions identiques ou similaires aux mêmes problèmes technologiques. La masse des procès en matière de priorité de brevets en est la preuve. De plus, le nombre des demandes de brevets refusées pour insuffisance de « nouveauté » montre à quel point il est fréquent que l'esprit humain arrive à des solutions techniques auxquelles d'autres ont déjà pensé — et qu'ils ont fait breveter.

Pourtant, malgré l'importance des facteurs sociaux exogènes, on ne peut se passer de l'élément humain dans l'innovation. Ce sont bien des individus qui définissent les problèmes, trouvent les idées, procèdent à la création des dispositifs, à la recherche et au développement et décident de la mise en application et de la diffusion des innovations.

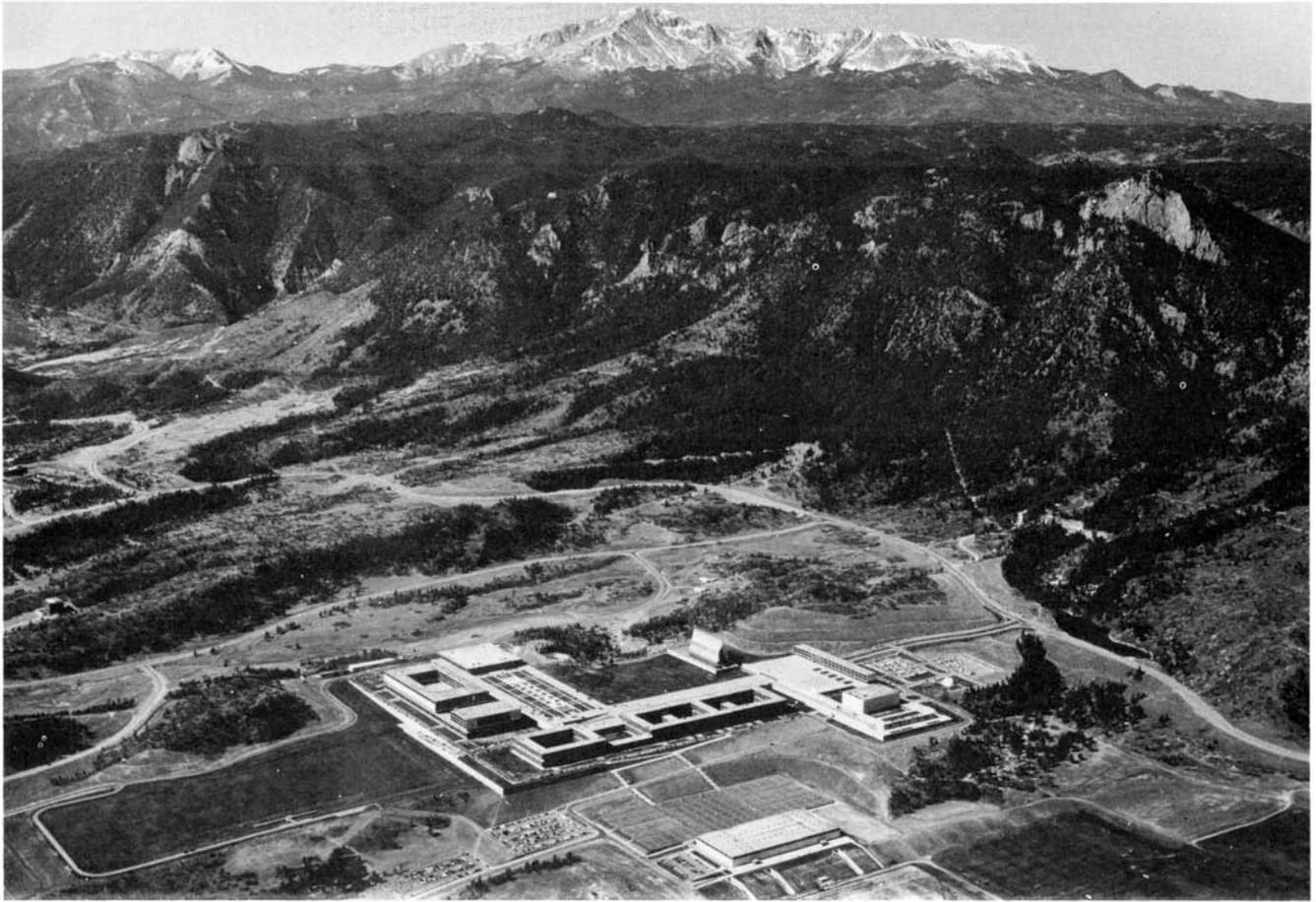
Bien que la théorie « héroïque » de l'innovation ne

nie pas le stimulus des besoins économiques et l'influence des conditions socio-culturelles, elle met en valeur le rôle du héros individuel dans l'innovation. Les spécialistes de l'école déterministe diraient ainsi que la Grande-Bretagne du XVIII^e siècle était « prête » pour la machine à vapeur, du point de vue économique aussi bien que technologique, et que si James Watt ne l'avait pas inventée, un autre l'aurait fait. Les tenants de l'école héroïque, en revanche, prétendraient que si la machine à vapeur est née, c'est grâce à la personnalité et au caractère de Watt.

Dans son ouvrage *Lives of the Engineers* (1861), qui réunit trois volumes de biographies, Samuel Smiles attribue les inventions décisives et les prouesses techniques de la Révolution industrielle à des personnalités héroïques. Il voit ces hommes parés des vertus victorienne classiques de l'époque — ce qui ne nous étonnera guère : discipline personnelle, sens du devoir, intégrité et persévérance. Mais cette énumération de qualités, à l'instar d'études ultérieures plus scientifiques, ne fait que déplacer le niveau de la discussion sur l'individualisme et le déterminisme social. On peut très bien dire, après tout, que ces vertus des héros victoriens étaient le produit des forces socio-culturelles de l'époque — ce qui nous ramène au vieux débat sur l'inné et l'acquis que les psychologues, enseignants, éducateurs et sociologues mènent aujourd'hui sur des terrains de bataille nouveaux tels que l'efficacité du ramassage scolaire dans la lutte contre le racisme ou la validité des tests de QI appliqués aux enfants des ghettos.

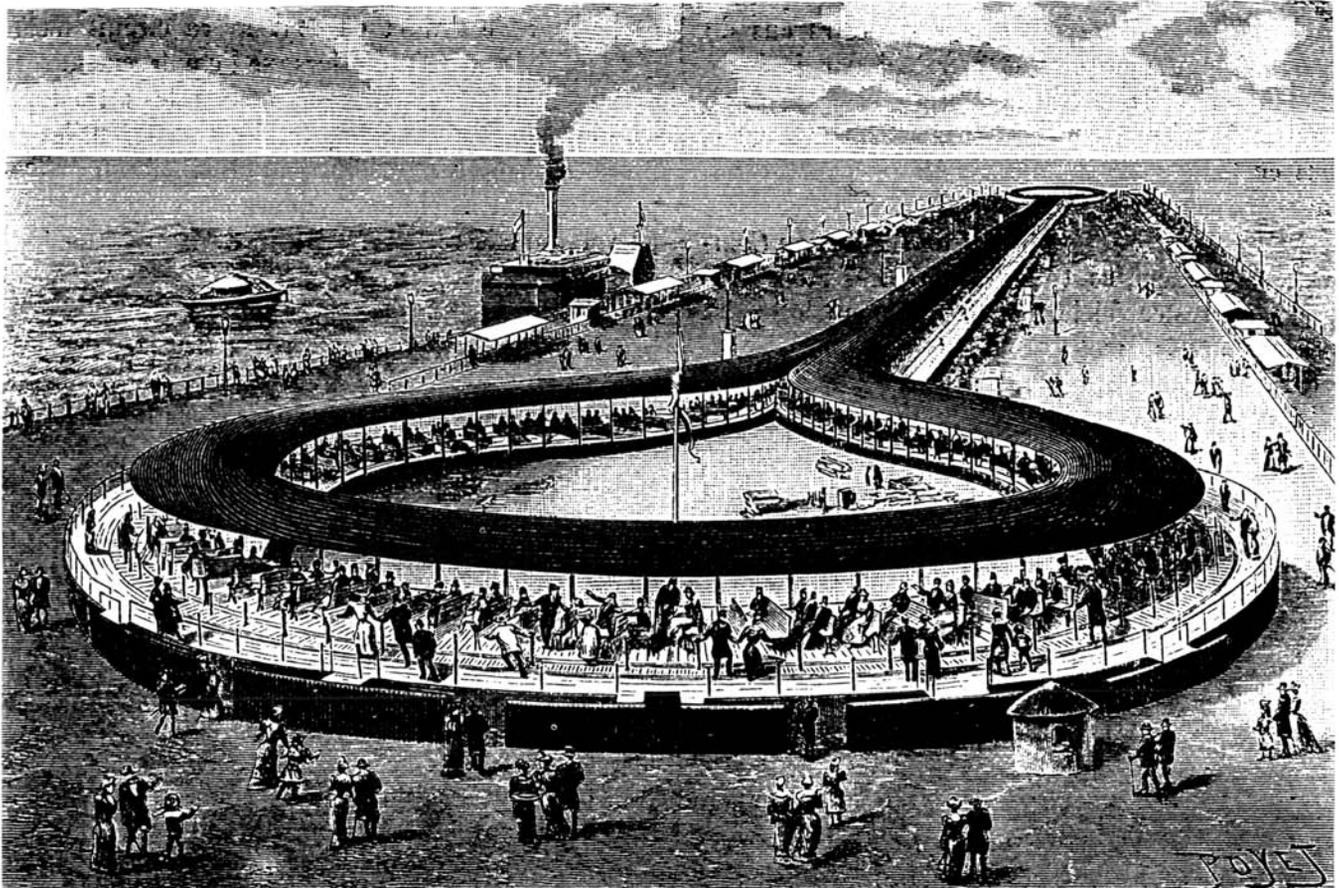
Les théories individualistes et socio-déterministes peuvent être invoquées à un autre niveau : celui de la fonction d'entreprise à laquelle Schumpeter a accordé une si grande importance. C'est l'entrepreneur qui, avec son énergie, accepte de prendre les risques, réunit les capitaux pour financer l'invention, considère l'idée du point de vue de sa production et de son lancement sur le marché. C'est lui qui relie les besoins sociaux, souvent exprimés en termes de profits potentiels, aux idées créatives de l'inventeur et fait ainsi le lien entre le marché et l'invention.

Parfois l'inventeur et l'entrepreneur ne sont qu'une seule et même personne, tels Edison ou Elmer Sperry, mais, en général, ils sont différents. James Watt, par exemple, avait de remarquables qualités de technicien, mais il manquait de capitaux et de sens des affaires ; c'est Matthew Boulton qui apporta ces éléments et fut la force motrice qui permit de lancer avec succès la machine à vapeur de Watt. Dans les structures modernes, une partie de la fonction d'entreprise est assumée par les directeurs de recherche et de développement qui unissent les connaissances scientifiques, le savoir technique et la connaissance des marchés et des contraintes économiques en un même effort pour produire des innovations rentables. Une autre partie peut être assumée par des gens différents ou par certaines branches des grandes compagnies modernes. Quoi qu'il en soit, c'est la *fonction* d'entreprise qui draine les ressources en idées, en talents, en argent et en technologie pour faire de l'invention une innovation utilisable.



▲ Air Force Academy, Colorado Springs, Colorado (Stewarts).

World's Fair — Chicago. Extrait de la Nature, 1893. ▼



Outre l'importance accordée aux individus et à l'environnement social, on souligne souvent le rôle historique joué par les circonstances heureuses. Dans le cas des innovations techniques, l'intervention du hasard est appelée en anglais « serendipity », terme forgé par Horace Walpole d'après le titre du conte de fées persan « Les trois princes de Serendip », dont les héros font souvent des découvertes intéressantes de façon inattendue. Deux événements célèbres illustrent l'action de ce facteur : l'invention du procédé de vulcanisation par Charles Goodyear et la découverte des propriétés colorantes de l'aniline par W.H. Perkin.

Ce genre de découverte ou invention « accidentelle » ne l'est pas tant qu'on pourrait le croire. Lorsqu'on examine des événements de près, on s'aperçoit que l'innovation n'arrive pas de manière fortuite. Dans presque tous les cas d'inventions dues à un concours de circonstances, il apparaît que les inventeurs étaient au courant des besoins et des problèmes du moment, qu'ils s'étaient déjà livrés à des recherches assidues et minutieuses sur le sujet et qu'ils étaient suffisamment réceptifs pour voir dans un accident heureux la réponse qu'ils cherchaient. Autrement dit, ils savaient reconnaître l'importance d'un événement fortuit et l'utiliser dans un but pratique. La plupart des progrès sont le résultat cumulatif de réponses à des séries de questions orientées de façon précise. Comme le fit remarquer Pasteur : « Le hasard favorise les esprits préparés. »

Il apparaît donc qu'aucune théorie moniste ne peut suffire à expliquer toute la complexité du processus innovateur. Dans son étude d'avant-garde sur l'organisation des cultures, l'anthropologue Dixon postulait comme arrière-plan à toute innovation culturelle l'existence d'une triade de facteurs : le hasard, le besoin et le génie. Près de quarante ans plus tard, une étude sur les conditions favorables à une R-D réussie menée pour le compte du Département de la Défense par la société Arthur D. Little (1965) aboutit au même genre de triade dans le domaine des systèmes d'armement innovants : un besoin clairement compris ; des idées, des informations, une compréhension et une expérience adéquates ; et des hommes et de l'argent pour mener à bien le travail. Tels se trouvaient traduits dans le contexte du laboratoire moderne de R-D les facteurs anthropologiques de Dixon.

L'une des premières théories importantes de l'innovation réunissant les points de vue individualiste et sociologique fut celle introduite dans les années vingt par Abbott Payson Usher. Cette théorie, dérivée de la psychologie gestaltiste, décrit l'innovation comme une suite d'actes de compréhension (insight) d'importance variable et situés à des niveaux différents de perception et de pensée. L'innovation serait ainsi une séquence en quatre temps : 1° perception d'un problème, c'est-à-dire mise en évidence d'un besoin social et des problèmes liés à sa satisfaction ; 2° mise en place d'une structure comprenant les connaissances techniques et les capacités technologiques et financières ; 3° acte de compréhension donnant l'essentiel de la solution ; et 4° révision critique : les relations nouvellement perçues sont entièrement maîtrisées et effectivement mises en œuvre dans l'ensemble du contexte dont elles font

partie. De nos jours, cette dernière étape ferait partie du « développement », qui appartient lui-même à notre moderne « recherche et développement ». Nous savons de plus que les quatre étapes d'Usher ne suivent pas toujours un déroulement linéaire.

Mais même dans ces conditions, la théorie de Usher est loin d'être complète. Usher s'intéressait surtout à l'« acte de compréhension » de la phase d'invention, sans doute à cause de l'importance accordée par la psychologie gestaltiste à l'« Eurêka », au phénomène « aha ! » Usher nous aide à comprendre comment se produisent certaines inventions, mais il ne nous dit pas comment les inventions sont traduites en vraies innovations. Il laisse de côté à la fois les décisions économiques risquées qui interviennent dans les applications et la diffusion des inventions, et l'effet de retour sur les différentes étapes. Et surtout, il ne fournit aucune analyse détaillée de la quatrième étape décisive : la révision critique.

Depuis quelque temps, les chercheurs se consacrent à ce stade négligé par Usher et les premiers théoriciens. En outre, le développement, au cours des cinquante dernières années, d'une technologie à base scientifique leur a permis d'étoffer les premières étapes de la séquence décrite par Usher à partir des contributions de la science au processus d'innovation. En conséquence, les termes de « recherche fondamentale » et de « science appliquée » sont de plus en plus utilisés dans la littérature spécialisée. En effet, dans l'esprit du public, l'innovation prend naissance avec la découverte scientifique fondamentale et passe ensuite par la recherche et le développement. Certains spécialistes eux-mêmes voient de cette manière le processus d'innovation. Mais les relations entre la science et l'innovation technologique sont trop changeantes et complexes pour justifier un modèle aussi simpliste.

L'analyse du stade si décisif du développement — auquel les premiers modèles ne faisaient qu'allusion — nous est d'une grande utilité pour comprendre le processus d'innovation. Mansfield s'est servi, pour analyser la réussite d'un certain nombre de produits innovants, des catégories suivantes : recherche appliquée ; préparation des conditions nécessaires au projet et des spécifications de conception, de construction et de mise à l'essai du prototype ou de l'usine pilote ; planning de production, construction et installation des équipements de production ; mise en route de la fabrication ; mise en place de la commercialisation. Ces catégories sont très proches de celles mises en évidence par le groupe Charpie sur la base de son expérience de l'industrie : recherche-développement avancé-invention de base ; conception et mise en œuvre du projet ; fabrication-ingénierie ; mise en route de la fabrication ; mise en place de la commercialisation. Toutes ces études élargissent l'étape finale de Usher et la fractionnent en au moins quatre catégories séparées d'activités.

Mais bien qu'elles aient affiné l'analyse du processus d'innovation, ces études présentent des carences qui les rendent peu aptes à fournir un modèle global de compréhension du processus.

IV. CARENCES DES ÉTUDES SUR L'INNOVATION.

Il serait tentant de comparer les écrits sur l'innovation à la fable d'Esopé qui nous montre un aveugle examinant un éléphant : chaque spécialiste concentre ses recherches sur un seul aspect d'un problème aux proportions éléphantines et croit que ses connaissances limitées se rapportent à l'animal entier. Mais cette analogie serait exagérée. Les spécialistes qui ont écrit sur l'innovation ne peuvent être comparés à l'aveugle d'Esopé ; ils ont presque tous perçu les contours du géant auquel ils avaient affaire. Ils choisissent de se concentrer sur certains aspects du problème en raison de leurs prédispositions de chercheurs, elles-mêmes orientées par les centres d'intérêt de leur discipline.

Les chercheurs qui ont étudié le plus activement l'innovation sont les économistes. Mais l'économie n'est pas un domaine monolithique et tous les économistes ne s'occupent pas des mêmes problèmes. Certains s'intéressent avant tout à la micro-économie — à ce qui se passe à l'intérieur d'une entreprise ou d'une industrie — mais le processus d'innovation peut être différent d'une entreprise ou d'une industrie à l'autre. D'autres font de la macro-économie et s'occupent des effets de l'innovation sur l'économie nationale ou mondiale. D'autres encore se limitent à certains facteurs — main-d'œuvre, matières premières, transport, équipements, etc. — et à leur relation avec l'innovation. Il y a aussi ceux qui se passionnent pour le rôle changeant du marché dans les motivations qui stimulent et font accepter les innovations.

Malgré la diversité de leurs approches, les économistes ne peuvent à eux seuls donner une représentation complète du processus d'innovation. Certains tels que Solow (1957) et Myers (1965) voient naturellement l'innovation par rapport à sa fonction et à son impact économiques. Effectivement, comme le dit Simon Kuznets, si une invention n'est pas considérée comme utile économiquement, elle ne deviendra jamais une innovation. Pour la plupart des économistes, les principaux stimulants internes et externes de l'activité innovatrice sont d'ordre économique — même si les spécialistes ne s'accordent pas sur la valeur des différents paramètres. Mais les meilleures études empiriques, effectuées sur des innovations précises, sont elles-mêmes trop limitées pour qu'on puisse en tirer des généralisations applicables aux autres secteurs.

En outre, lorsqu'il s'agit de la diffusion des innovations, les économistes portent tout naturellement leur attention sur des variables telles que la rentabilité des investissements, les concentrations de capitaux ou de main-d'œuvre, les dotations en ressources, etc., qui ne sont qu'une partie du problème. Traitant des mêmes sujets, les anthropologues et les sociologues se concentreront sur les facteurs socio-culturels de résistance au changement et sur les interactions entre différentes cultures, tandis que les géographes s'occuperont des modèles spatiaux de diffusion.

Les centres d'intérêt des sociologues sont aussi larges — et aussi restrictifs — que ceux des économistes qui s'occupent d'innovation. Dans son étude désormais clas-

sique *The Sociology of Invention* (1935), Gilfillan énonce « trente-huit principes sociaux d'invention » sous des rubriques telles que : la nature de l'invention ; les changements qui suscitent des inventions ; le rythme de croissance et le cycle de vie d'une invention ; les facteurs qui favorisent une invention, l'entravent ou décident de sa localisation ; les principes de changement ; les inventeurs et les autres catégories ; les orientations de la profession ; et les effets de l'invention. Il est intéressant de remarquer que ces catégories pourraient servir tout aussi bien à un livre intitulé *L'Économie de l'invention*, bien que Gilfillan se soit attaché au côté social du problème.

Les spécialistes de psychologie sociale peuvent aussi s'intéresser à l'impact des modèles de comportement sur l'inventivité au sein des laboratoires de recherche et de développement, et à l'impact de la dynamique inter-personnelle dans les établissements qui produisent de l'innovation.

Les spécialistes de l'organisation scientifique du travail étudient plus particulièrement le rôle de la direction dans les processus de décision d'un établissement, surtout lorsqu'ils sont liés à l'innovation. Les structures humaines peuvent aussi être étudiées dans leurs rapports avec la diffusion des innovations ; c'est le cas des réseaux de scientifiques et d'ingénieurs.

Il ne faut pas dénigrer ces approches limitées propre à chaque discipline. Elles relèvent de cette même spécialisation et de ce même réductionnisme qui ont permis des progrès majeurs dans les sciences physiques et apportent sur de nombreux aspects du processus d'innovation des informations et une compréhension essentielles. Mais nous arrivons à une période de l'histoire des sciences où une approche holiste devient nécessaire. Cela est dû à l'accumulation d'une grande quantité de données dont les liens ne sont pas encore clairement perçus et ne pourront l'être — surtout à propos de l'innovation — sans une intégration de toutes les contributions spécialisées des disciplines concernées.

L'une des critiques généralement émises à l'encontre des modèles théoriques dans d'autres domaines — à savoir que ces modèles ne reposent pas sur des éléments tirés de faits réels — semble également valable pour les théories et les modèles relatifs au processus d'innovation. Bien que presque tous les travaux que nous avons examinés lors de notre étude de la littérature spécialisée se réfèrent à des données empiriques, les théories et les modèles diffèrent — non seulement parce que chaque auteur considère ces données du point de vue de sa propre discipline, mais aussi parce que c'est de ce point de vue avantageux qu'il décide de ce qui est ou n'est pas une donnée.

Un autre type de sélectivité — le fait de s'appuyer sur des données empruntées à un seul domaine technique — peut aussi fausser le modèle, comme ce fut le cas pour Usher, dont la théorie reposait sur les inventions mécaniques. Le modèle qui en résulta se révélerait peut-être inapplicable aux inventions faites, par exemple, en chimie ou en électricité.

Outre cette limitation sur le plan technologique, le modèle peut se révéler trompeur s'il repose sur une expérience historique trop restreinte. On trouve un

exemple d'interprétation erronée de ce type dans le rapport Charpie, dont le modèle implicite — fondé assurément sur des études de cas historiques — exagéra l'importance de l'inventeur individuel et recommanda des mesures gouvernementales destinées à améliorer son sort et à l'encourager. En considérant le contexte de l'innovation comme statique et non dynamique, Charpie négligea les changements du modèle évidents sur de longues périodes, ce qui l'amena à surestimer l'importance de l'inventeur indépendant.

Une autre difficulté apparaît lorsqu'on prend des données quantitatives pour promouvoir une théorie. Comme les statistiques sur les brevets sont facile à obtenir, on s'en sert depuis longtemps, ce qui a parfois donné des outils de compréhension efficaces tels que la théorie de Jacob Schmookler (1966) sur la prédominance du facteur de la « demande » dans la stimulation des inventions. Pourtant la validité et l'interprétation des données relatives aux brevets suscitent une foule de questions. Mesurer l'efficacité des laboratoires de R-D dans le processus d'innovation est également très compliqué, comme le sont les nombreux problèmes de mesure liés aux variables économiques qui interviennent dans le processus. Malgré une pléthore de statistiques, nous ne sommes pas toujours sûrs de mesurer ce qu'il faut ni de mettre en corrélation les variables les plus significatives.

Autre défaut important des études sur l'innovation : les éléments qui ne sont pas mesurés ni pris en considération. Parmi ces éléments se trouvent les échecs, les innovations qui n'ont pas « marché ». Parfois, elles n'ont pas dépassé le stade de l'idée, du brevet, ou la phase de R-D et n'ont jamais été appliquées. Parfois elles ont bien été appliquées mais n'ont jamais eu d'impact économique ou technologique mesurable. L'une des raisons de la pénurie d'informations sur les innovations ratées est peut-être la réticence des sociétés commerciales à tenir la chronique de leurs échecs.

Pourtant, si nous voulons avoir une compréhension intégrale du processus d'innovation, nous devons considérer aussi bien les échecs que les réussites, comme le fit le Projet Sappho. Pour apprendre comment divers facteurs concourent à produire une innovation réussie, nous devons apprendre quels sont les facteurs qui provoquent l'échec d'une tentative d'innovation. Malheureusement, nous nous sommes trop préoccupés des succès, et l'absence de données empiriques suffisantes sur les innovations ratées a limité et obscurci notre étude.

Nous sommes en effet si obnubilés par certains succès spectaculaires récents — le transistor, le nylon, la bombe atomique — que nous avons tendance à tirer d'eux nos leçons, alors qu'ils ne sont pas obligatoirement représentatifs du processus d'innovation dans son ensemble. Le transistor, par exemple, est peut-être le résultat d'une rare combinaison entre des découvertes scientifiques et des progrès technologiques survenus dans un environnement particulièrement favorable. Les Bell Laboratories avaient les moyens financiers, l'équipement et le personnel qui leur permettaient de relier entre eux différents aspects du processus d'innovation, et leur direction voyait suffisamment loin et clair pour articuler ces besoins avec les connaissances scientifiques et technologiques de l'époque et définir

correctement le problème. Toutes les innovations ne bénéficient pas de circonstances aussi favorables, et dans d'autres domaines, le modèle d'interaction entre les différentes phases de l'innovation sera peut-être entièrement différent.

La prolifération d'études de cas sur les inventions réussies n'ajoute pas nécessairement à nos connaissances car ces études tendent à être non cumulatives par nature ; elles soulignent généralement l'importance de la science fondamentale dans les innovations technologiques mais ne font que peu de généralisations sur le processus d'innovation tel qu'il se déroule en pratique.

Le manque de données empiriques sur les innovations ratées et la nature non cumulative des études de cas nous privent des éléments qui pourraient mettre en lumière les conditions particulières qui favorisent le succès par rapport aux causes d'échec. Nous manquons en un sens de « groupes de contrôle » qui nous permettraient de prouver ou d'infirmer les généralisations ou les hypothèses théoriques. Comme l'ont noté les commanditaires du Projet Sappho, « il est impossible de faire un choix entre des hypothèses différentes [pour expliquer les innovations réussies] sans prendre en considération les échecs » ; et c'est ce qu'ils ont cherché à faire dans leurs études. Nous avons besoin de ces études sur les innovations avortées ou ratées pour discerner les facteurs spécifiques d'échec ou de réussite ; elles peuvent servir de base à des généralisations-tests sur le processus d'innovation dans différents domaines technologiques ou à différents niveaux de l'industrie.

Même si l'étude des réussites nous suffisait pour élaborer une conception valable du processus d'innovation sans être obligé de recourir à une étude approfondie des échecs, notre vision serait de toutes façons déformée par le fait que la plupart de nos concepts reposeraient soit sur les grandes inventions mécaniques de la Révolution industrielle, soit sur les développements scientifiques actuels fondés sur la physique et la chimie. Dans un cas comme dans l'autre en effet, nous nous sommes concentrés sur la technologie physique, en négligeant globalement les innovations technologiques des sciences de la vie, dont l'agriculture, qui constituent sans doute des paramètres différents.

Des secteurs entiers sont en effet négligés par la littérature sur l'innovation. Non pas qu'ils manquent d'avancée technologique, mais les changements qu'ils ont apportés sont difficiles à codifier et à mesurer, et donc à « analyser à un niveau abstrait. Ces secteurs sont ceux dont les progrès sont qualitatifs, indirects, et relativement intangibles, ce qui rend difficile l'agrégation ou même la comparaison des cas entre eux ». (Strassmann.) Ce sont ceux qui contiennent une large part d'innovation sociale aussi bien que technique et qui « sont également mal compris dans leurs aspects non technologiques ».

Strassmann a évidemment raison de déplorer cet état de fait. Mais nous sommes tout aussi embarrassés pour expliquer de nombreuses innovations dont les aspects techniques sont très largement étayés par des documents et pour lesquels existe une foule de données quantitatives. De plus, l'ignorance déplorée par Strassmann n'est pas nécessairement due aux

innovations mêmes qui ont lieu dans ces secteurs négligés (il prend pour exemple le logement) mais plutôt à la nature diffuse du secteur industriel qu'il s'efforce d'étudier. Autrement dit, c'est peut-être la difficulté de réunir des données techniques sur une industrie d'échelle réduite et dispersée (plutôt que l'incapacité à réunir entre eux les aspects qualitatifs et quantitatifs) qui empêche les chercheurs de consacrer toute leur attention à ces secteurs.

Bien que nous ayons mentionné plusieurs défauts majeurs des études sur le processus d'innovation, nous n'avons pas parlé de l'insuffisance la plus grave de la plupart des modèles traditionnels, à savoir qu'ils reposent implicitement ou explicitement sur une analyse séquentielle-linéaire du processus d'innovation. Cette insuffisance découle sans doute des défauts évoqués précédemment autant que de notre propension à organiser la pensée selon des catégories logiques (linéaires) et à voir les problèmes sous l'angle historique (séquentiel). Mais, comme nous devons le découvrir au cours de nos recherches, l'analyse séquentielle-linéaire ne correspond pas à ce qui se passe dans un système écologique complexe et dynamique — modèle qui semble offrir le meilleur moyen de décrire l'accumulation des activités qui concourent à l'innovation.

V. ÉCHEC DE L'APPROCHE SÉQUENTIELLE-LINÉAIRE.

Lorsque nous avons commencé notre étude de la littérature sur l'innovation, il nous a semblé que ce processus pouvait être analysé en termes de phases d'une séquence linéaire et unidirectionnelle. Cette hypothèse découlait d'une synthèse des travaux de Usher, Schumpeter, Machlup, Gilfillan, etc., et de nos premières conceptions en la matière. Nous pensions que ce modèle nous permettrait de mettre en valeur les décisions clés et/ou les points de bascule du processus. Nous avons donc distingué cinq phases fonctionnelles séparées : 1° définition du problème et génération de l'idée ; 2° invention ; 3° recherche et développement ; 4° applications (première utilisation) ; et 5° diffusion (introduction dans un contexte autre que celui de l'application originale).

Mais nous nous sommes assez vite aperçus que cette notion séquentielle-linéaire était une erreur : plus nous approfondissions notre étude, plus il devenait évident que cette notion n'était pas un outil d'analyse adéquat. Elle ne représentait que faiblement la complexité du phénomène.

Néanmoins ce concept de phases est valable et précieux pour structurer les choses, et nous l'utiliserons — non pas pour mettre en évidence les éléments discrets d'une séquence fixe, mais pour marquer des faisceaux d'activité aux délimitations floues dont l'organisation et les périodes peuvent se recouvrir et qui font apparaître des interrelations complexes.

La distinction la plus fondamentale est celle qui existe entre les deux phases suivantes du processus : mise au point d'un dispositif, d'un procédé ou d'un produit technologiques — depuis le moment où ils ont été reconnus possibles jusqu'à celui de leur introduction —

et conséquences qui résultent de son extension à d'autres contextes. La première phase est celle de l'*innovation* et la seconde celle de la *diffusion*. Il peut sembler maladroit d'employer le terme d'« innovation » pour désigner à la fois le processus entier et l'un de ses éléments ou phase, mais c'est une pratique générale dans la littérature, et nous avons choisi de nous y conformer.

Même entre ces phases globales d'innovation et de diffusion, les rapports sont complexes. Logiquement, l'innovation précède la diffusion : ce qui n'existe pas encore ne peut être diffusé. Mais la priorité logique n'est pas tout. Il n'est pas toujours possible d'adopter tout simplement une innovation : elle doit souvent aussi être *adaptée* à son nouveau contexte d'utilisation. Une telle adaptation, bien qu'elle soit une forme de la diffusion, inclut aussi le processus d'innovation puisque celui-ci nécessite des modifications. La diffusion peut donc aussi précéder et mettre au jour des innovations.

On peut, d'autre part, diviser les phases d'innovation et de diffusion en sous-phases. L'innovation, par exemple, comprend la définition du problème et la conception de l'idée, la recherche et le développement, la mise en œuvre technique et la production. Il n'existe aucun accord général sur ces distinctions. Certains auteurs définissent, comme nous l'avons vu, une phase séparée d'« invention ». Or cette notion suscite de nombreuses difficultés : elle demande une distinction entre invention et découverte. Ainsi Charles Goodyear « découvrit » que le caoutchouc saupoudré de soufre et chauffé ne fondait pas et gardait son élasticité ; mais cette découverte accidentelle est également considérée comme l'« invention » du procédé de vulcanisation.

Ces difficultés sont sans doute plus sémantiques que réelles. Plus fondamentale est la question de savoir s'il est vraiment intéressant, pour comprendre le processus d'innovation, de définir — même de façon claire et généralement reconnue — une phase d'invention. Nous pensons que non. Tout d'abord, pour beaucoup de gens, le terme d'« invention » a une connotation d'« événement », alors qu'il fait réellement partie d'une « processus ». Même si l'invention, dissociée de cette connotation, est considérée comme une phase ou un processus plus large, la distinction reste peu commode, sauf du point de vue des demandes de brevets. Pour ce qui concerne la structuration des activités d'innovation (et nous verrons que le processus d'innovation s'est de plus en plus institutionnalisé), les repères essentiels se trouvent ailleurs que dans les demandes de brevets. Exemple de moment décisif plus important : celui où l'idée a été soumise à la direction pour être approuvée et financée ; le processus qui conduit à cette opération est une phase importante, mais il n'est qu'une partie de ce qu'on pourrait appeler l'invention.

Le processus par lequel les idées ainsi proposées sont examinées par la direction, puis financées, rejetées, mises de côté ou transférées à un autre service est aussi une phase importante, qui serait toutefois perdue ou brouillée si l'invention était choisie comme une phase en soi. Finalement, comme nous le voyons, la R-D est une phase extrêmement importante et complexe — sur le plan conceptuel comme sur celui des organisations humaines — dont seule une partie peut être traitée par une phase appelée « invention ».



Chase Manhattan Bank — Eric Locker.

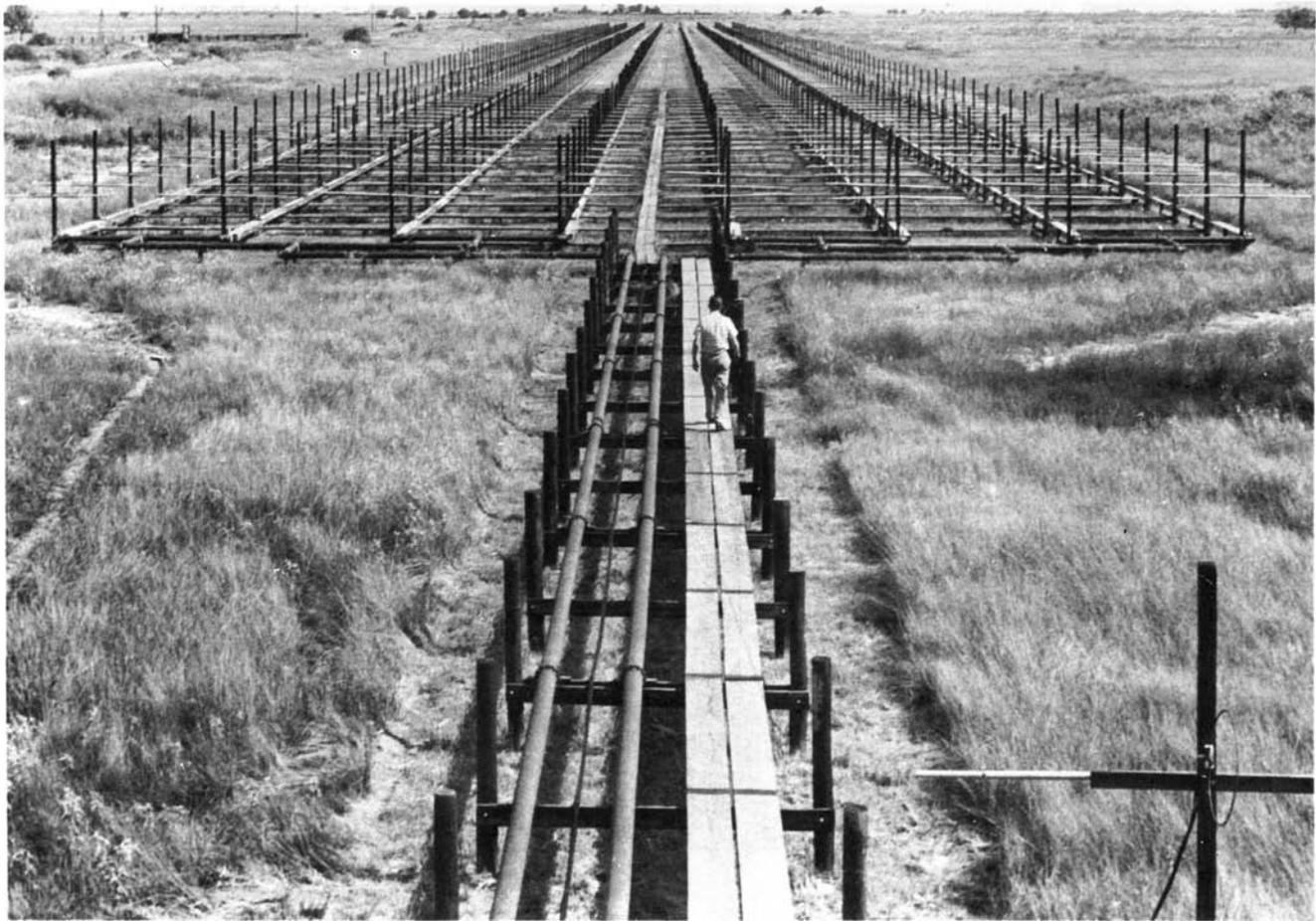
Outre le problème de division du processus d'innovation en phases, nous avons rencontré, au cours de nos premières tentatives d'application du modèle linéaire en cinq phases, une autre difficulté : celle de choisir un point de départ du processus. Dans la conception linéaire, les besoins et les occasions issus d'une partie du monde extérieur sont reconnus, puis déclenchent une tentative de définition du problème et de génération d'une idée. Mais dans une bonne proportion des cas cités par la littérature, le besoin, l'occasion ou même le problème technique clairement défini découlent de ce que la conception linéaire traite comme une phase « ultérieure » (R-D, mise en œuvre technique, production ou même diffusion). Il y a définition de problèmes et génération d'idées à chaque phase et non seulement à la phase initiale. Citons comme exemple d'innovations majeures issues d'une R-D en cours et non du tout début des opérations : le nylon découvert par Carother à l'occasion des recherches fondamentales menées sur les polymères à DuPont et la mise au point du transistor par Shockley et ses associés aux Bell Laboratories.

Pour dire la vérité, certaines innovations sont conformes au modèle linéaire, comme le plomb tétraéthyle inventé par Thomas Midgley à la General Motors dans les années vingt. En outre, quelques-unes des études de cas les mieux étayées supposent un développement linéaire puisqu'elles utilisent comme principal

outil d'analyse des « événements » et fractionnent chaque innovation en une série de faits séquentiels et parfois concomitants. Myers et Marquis (1969) eux-mêmes, qui traitèrent l'innovation comme un flux d'informations et reconnurent explicitement que les « événements » ne se produisaient pas toujours selon une séquence linéaire, jugèrent commode de définir cinq « étapes » du processus d'innovation technique : reconnaissance (de la faisabilité technique et de la demande) ; génération de l'idée (acte créatif qui consiste à fondre la demande et la faisabilité en une conception) ; résolution de problèmes ; solution ; utilisation et diffusion. Ces analyses fonctionnelles, quoique plus élaborées et plus affinées que le modèle classique en quatre étapes d'Usher, ne relient pas les fonctions aux structures d'organisation et ne parviennent donc pas à montrer le fonctionnement effectif du processus d'innovation.

Nous avons également rencontré, à propos des liens entre l'invention et la R-D, un problème qui trouble souvent les spécialistes : quand une invention se fait-elle ? Quand, par exemple, fut inventé le nylon : lorsque l'assistant de Carother remarqua les fibres pour la première fois ou lorsque fut produit le premier échantillon conforme à ce qui serait utilisé par la suite ?

Cette question est encore plus difficile à résoudre lorsqu'on considère la complexité croissante des dispositifs et des procédés techniques de notre époque. Par exemple, de nombreux individus revendiquent l'« in-



Radar MIT Lincoln Laboratory — John A. Kessler.

vention» du radar. Comment des gens honnêtes peuvent-ils ne pas s'accorder sur cette question quand le radar est si récent et que les informations fournies directement par ceux qui ont participé à sa mise au point sont si nombreuses ? Sans doute parce que le radar, comme bien des innovations modernes, est un agrégat très complexe d'innovations. Il serait stupide de discuter sur le point de savoir qui a ajouté au « pré-radar » ou au « presque-radar » le petit bout qui a permis la création du radar, car toutes les contributions ou sous-inventions furent indispensables à cette création — et même lorsque le radar fut mis en application et diffusé, il subit de nouvelles améliorations qui nécessitèrent de nouveaux ensembles d'innovations. Il est clair que l'innovation n'est pas un événement singulier, mais une accumulation d'événements ou, plus exactement, un processus.

En examinant les différents modèles et théories existants, nous avons commencé à comprendre que dans presque chaque innovation majeure de notre époque, les phases fonctionnelles étaient liées les unes aux autres de façon extraordinairement complexe. C'est alors que nous nous sommes mis à regarder l'innovation comme un système écologique. Cette conception nous a permis de saisir et de conceptualiser plus facilement les innombrables interactions entre les phases du processus.

VI. L'INNOVATION, PROCESSUS ÉCOLOGIQUE.

L'étymologie grecque du mot « écologie » signifie : étude des « maisons », de la même façon que Xénophon intitula son étude de la gestion domestique l'*Oeconomicus*. Et du fait que le foyer est considéré comme un environnement vivant, l'écologie en vint progressivement à signifier : « l'étude de la structure et du fonctionnement de la nature », étant entendu que la « nature » comprend l'homme et l'ensemble du monde vivant.

Comme de nombreuses sciences, l'écologie, aux premiers temps de son histoire — entre la fin du XIX^e et le début du XX^e — était avant tout descriptive et taxinomique. Les premiers écologistes cherchaient à discerner des modèles dans l'apparition et la structure d'organismes venant d'environnements différents et élaboraient des systèmes détaillés d'appellation et de classification de ces communautés d'organismes. Mais de même que l'étude scientifique de la biologie dépassa sa phase taxinomique linnéenne et se tourna vers les fonctions et l'évolution des organismes, de même l'écologie progressa de la classification et de la description vers l'étude des fonctions et des relations réciproques entre les structures et les fonctions. Elle s'occupa de la *dynamique* des interrelations. Et c'est cet accent mis sur les *systèmes dynamiques* et sur leurs relations internes qui permet d'appliquer l'approche écologique à l'étude du processus d'innovation.

Afin d'appuyer leurs analyses, les écologistes conceptualisèrent différents niveaux d'organisation au sein des organismes biologiques. Au-delà de l'organisme individuel se trouvent les populations, groupes d'organismes individuels de la même espèce; les communautés biotiques, incluant les populations d'une zone donnée; les écosystèmes, où la communauté et l'environnement non vivant fonctionnent selon un système écologique; et la biosphère, portion de la terre dans laquelle l'écosystème peut fonctionner. On peut faire correspondre à ces groupes les différents niveaux du processus d'innovation, depuis l'inventeur individuel et le système indigène du laboratoire de R-D jusqu'à la société dans son ensemble, en passant par les systèmes de l'industrie et de l'économie nationale.

Afin de comprendre à la fois la répartition et l'abondance des organismes dans l'espace et le temps, les écologistes apprirent qu'étant donné la diversité des phénomènes affectant une population, toute vision fragmentaire serait erronée; ils virent qu'une population et son environnement devaient être étudiés comme un seul et même système. Ils mirent avant tout l'accent sur les relations entre structure et fonction. Si elle sépare les deux, l'histoire de la biologie devient erronée. Par exemple, les anciens Grecs connaissaient bien l'anatomie — la structure — du cœur humain et du système circulatoire, mais pour que ce savoir mène à une véritable compréhension, il fallut attendre de nombreux siècles jusqu'à ce que Harvey élucidât la fonction du cœur et du système circulatoire. De même, l'étude de la structure d'un laboratoire de R-D n'a aucun sens si elle ne s'accompagne pas d'une étude parallèle de son fonctionnement.

L'importance que les écologistes attachent aux relations qui existent à l'intérieur de l'environnement, des organismes et des populations met en valeur le rôle des facteurs sociaux, culturels, économiques et politiques dans le processus d'innovation. Comme dans la conception socio-déterministe de l'innovation, les écologistes pensèrent au début que les interactions entre les organismes et les parties « abiotiques » de l'environnement se faisaient surtout en sens unique : le physique influant sur le biologique. Depuis, ils ont appris que ces processus comportent des interactions et des effets de retour — exactement comme pour l'innovation. Tout aussi importantes sont les analogies avec l'intérêt des écologistes pour les facteurs de changement, en particulier les stratégies adaptatives de survie semblables aux efforts d'innovation que les entreprises déploient pour des raisons de concurrence plus que de profit immédiat. On pourrait dire, en effet, dans un sens encore plus large, que les innovations sont un moyen social unique inventé par l'homme au cours du processus de sélection naturelle et d'adaptation à l'environnement — environnement social et physique que des mutations innovatrices antérieures avaient contribué à créer !

Tout aussi stimulante pour l'étude de l'innovation est l'importance accordée par les écologistes aux structures et aux dynamiques trophiques qui règlent le transfert et la conversion de l'énergie sous toutes ses formes grâce au processus de nutrition. Dans l'innovation, la nutrition se fait par des informations nouvelles ou des façons nouvelles de percevoir les informations existan-

tes. Ces informations sont de nature variée: elles comprennent la connaissance des possibilités techniques, les théories scientifiques, les éléments économiques, les besoins sociaux, les contraintes légales, etc. Parfois ces informations sont incomplètes ou les conclusions qui en sont tirées se révèlent erronées; il en résulte alors une invention mort-née ou ratée.

L'analyse écologique souligne donc la nature diffuse du processus de décision dans l'innovation. Avant même qu'une innovation atteigne le marché, où l'attendent l'échec ou le succès commercial, le processus de décision peut stopper, ralentir ou stimuler sa progression. La quantité des informations, leur qualité et leurs voies de diffusion peuvent décider — en différents points du processus — si celui-ci doit se poursuivre ou être étouffé dans l'œuf. Reconnaître la nature écologique du processus d'innovation, c'est, en résumé, prendre conscience des interactions et des interrelations entre ses divers éléments, ce qui nous permet d'avoir une vision holiste du phénomène.