

« La comptabilité nationale face au défi international »,  
Edith Archambault et Oleg Arkhipoff, éditeurs, Economies. Paris 1990.

## **ELEMENTS POUR UN COMPTE SATELLITE DE LA TECHNOLOGIE**

**Henri DUPRAT**

*Administrateur de l'I.N.S.E.E.*

### **Introduction : la technologie, cette inconnue**

#### *Le principal facteur de l'évolution économique*

La technologie, au sens de l'exploitation systématique des possibilités techniques nouvelles offertes par le progrès scientifique, devient le principal facteur de l'évolution économique à long terme, et même, de plus en plus, de la conjoncture à moyen terme. Non seulement elle modifie en permanence les moyens de la compétitivité, en permettant d'obtenir la même production avec moins de facteurs de production, mais, en créant de nouveaux marchés et de nouveaux métiers, elle fait que la production ne reste plus la même. Elle détermine ainsi, à la fois, les chances de croissance et les risques de chômage.

#### *Les lacunes statistiques*

Au niveau macroéconomique, cependant, la comptabilité nationale, dans son état actuel, ne permet ni de décrire les mécanismes, ni de mesurer les résultats de la technologie. Celle-ci reste la "variable cachée" de l'évolution économique : ses effets sont traités comme exogènes et ne sont pris en compte qu'à l'occasion des changements de base. Paradoxalement, ses conséquences les plus sensibles sont les incertitudes qu'elle introduit dans certains déflateurs des tableaux d'entrées et sorties [8].

Source de la technologie, la recherche scientifique apparaît comme l'une des formes principales d'investissement immatériel, mais elle ne fait l'objet de statistiques et n'apparaît dans les comptes que par ses coûts, non par ses résultats. Ses caractères spécifiques ont jusqu'ici fait obstacle à son analyse économétrique et à l'utilisation des procédures de calcul économique habituelles en matière de choix des investissements. En outre, le suivi en volume de l'effort de recherche, nécessaire à l'élaboration de la

politique scientifique, est rendu précaire par l'absence de déflateurs qui tiendraient compte de l'évolution technologique des matériels de laboratoire.

Les nouveaux procédés et les nouveaux produits issus de la technologie ne font, jusqu'ici, l'objet d'aucune observation spécifique et n'apparaissent dans les nomenclatures et les enquêtes statistiques que lorsqu'ils ne sont plus des innovations. Leurs impacts sur l'évolution d'ensemble du système productif ne sont ni observables ni prévisibles.

### ***Le projet de compte satellite***

La nécessité d'introduire explicitement dans les Comptes les effets de la technologie conduit à entreprendre la construction d'un "compte-satellite".

Le rôle d'un compte-satellite est en effet de *"structurer progressivement l'ensemble des informations quantitatives relatives à un domaine particulier pour former un ensemble cohérent de connaissance et d'analyse, en articulant l'analyse détaillée de l'économie du domaine à l'analyse économique globale"*.

L'analyse détaillée du domaine doit être adaptée à ses caractères spécifiques, et doit notamment permettre de présenter simultanément des grandeurs monétaires et des grandeurs physiques.

Le projet esquissé ici repose sur la possibilité, dans le champ des sciences exactes et de leurs applications, de décrire le changement technologique dans l'espace des grandeurs de mesure et des caractéristiques de description des techniques et des produits.

L'essentiel du projet est constitué par deux bases de données, l'une sur l'évolution des résultats scientifiques et des performances techniques, l'autre sur celle des coûts et des prix correspondants.

## **I. La spécificité du domaine**

### ***Le processus technologique***

Le processus d'ensemble du changement technologique, créateur de valeur par la transformation du savoir en pratique industrielle, est un processus informationnel [5].

Il résulte de trois sous-processus distincts :

- la recherche du savoir,
- la genèse de l'invention,
- le développement de l'innovation.

L'analyse en termes d'entrées et sorties fait apparaître des flux monétaires en entrée : les dépenses de recherche et celles nécessaires au développement de l'innovation.

En sortie, l'apparition économique des innovations se traduit par des flux d'information industrielle et commerciale, décrivant des produits ou des procédés nouveaux, générateurs de valeurs marchandes.

Dans les phases intermédiaires, les flux n'ont plus de dimension monétaire, mais sont faits d'information scientifique et technique : il est nécessaire de les observer, les décrire, les mesurer et les évaluer.

### ***La recherche***

La recherche est productrice de connaissances : elle est la source naturelle de l'information scientifique et, pour une large part, de l'information technique. Mais un même résultat obtenu en laboratoire peut prendre place dans deux échelles de valeur différentes :

- par sa valeur intrinsèque de connaissance, au service de la communauté scientifique,
- par sa valeur technologique potentielle, faite d'éventuelles utilisations futures.

### ***L'invention***

L'invention est une application nouvelle du savoir existant à une fin pratique : elle utilise aussi bien des connaissances, scientifiques et techniques, anciennes que des découvertes récentes.

### ***L'innovation***

L'innovation technologique ne constitue qu'une part de l'innovation industrielle, pour ne pas parler de l'innovation sociale ; cette part est, il est vrai, d'une importance croissante. Il existe néanmoins de nombreuses innovations qui ne doivent rien, ou presque, au progrès scientifique et qui résultent soit de l'ingéniosité technique, soit du flair commercial des praticiens, le savoir-faire existant suffisant ensuite à permettre leur mise en œuvre.

Le processus de l'innovation industrielle présente cependant des caractères généraux :

- le développement est long, coûteux et aléatoire ;
- l'innovation n'est pas une production, mais un changement dans la production ; elle est à celle-ci ce qu'une accélération est à une vitesse ;
- il doit y avoir "information ajoutée" entre l'idée première, qui ne contient pas de données en valeur, et l'ensemble final des dossiers de fabrication et des notices technico-commerciales, auxquels sont associés des coûts et des prix ;

- l'innovation est un processus social ; l'idée initiale, le plus souvent individuelle, doit devenir l'objet d'un savoir-faire collectif, celui d'une équipe au sein d'une entreprise et celui d'une clientèle autour de l'entreprise ;
- la réussite commerciale de l'innovation dépend en définitive de l'issue du dialogue entre l'innovateur et l'utilisateur ; le choix de celui-ci fait intervenir, dans les transactions industrielles, les avantages du produit ou procédé nouveau, en termes de valeur d'usage.

### ***Les problèmes à résoudre***

La construction d'un compte-satellite pose quatre problèmes distincts [9]

:

- l'identification et la collecte des données quantitatives pertinentes, notamment de grandeurs permettant la mesure en termes "physiques" de ce bien immatériel qu'est le contenu de l'information ;
- l'élaboration d'un modèle spécifique du domaine concerné, assurant la mise en relation des données physiques et des données économiques ;
- l'utilisation de méthodes d'agrégation "transparentes", c'est-à-dire capables de donner au niveau agrégé une image simplifiée mais correcte des problèmes rencontrés et des choix effectués au niveau de base, dans la pratique scientifique, technique et commerciale ;
- le raccord aux comptes centraux.

## **II. Les concepts de base**

### ***L'espace des grandeurs de mesure***

Le progrès des sciences exactes s'accompagne d'un développement métrologique, caractérisé à la fois par la multiplication des grandeurs à mesurer et par la réduction des marges d'erreur [5].

L'effort d'unification du savoir, pour relier entre eux les phénomènes observés et les expliquer comme conséquences des mêmes lois fondamentales, donne à la métrologie une importance épistémologique majeure : la structure des systèmes d'unités de mesure est la même, par construction, que celle des lois physiques et peut, par suite, être utilisée pour analyser et décrire les relations entre les sciences et les techniques, dans des domaines de plus en plus étendus.

L'espace des grandeurs de mesure constitue ainsi un référentiel d'identification et de description des domaines de recherche, tandis que

l'amélioration de l'exactitude des mesures peut servir d'indicateur quantitatif de la valeur de connaissance des résultats obtenus.

### ***La valeur d'usage***

La notion de "valeur d'usage" est courante dans la pratique industrielle, et nécessaire aux calculs économiques en matière d'innovation : dans l'industrie moderne, la nature même des produits est devenue une variable économique [3],

Le choix de l'acheteur industriel entre divers produits répondant à un même besoin, en fonction de leurs prix et de leurs caractéristiques, n'entre pas dans le cadre de la théorie classique de la valeur. La notion d'"espace des caractéristiques", due à Lancaster [10], permet au contraire d'en rendre compte. Cette notion répond à une nécessité expérimentale et ne fait que formaliser la pratique industrielle [9,12].

### ***L'espace des caractéristiques***

Les caractéristiques des produits constituent le langage de l'information commerciale et des cahiers de charges. Elles font le plus souvent l'objet de normes et beaucoup d'entre elles sont des grandeurs de mesure [5].

Elles sont d'une extrême diversité. On peut distinguer, en première analyse : des caractéristiques fonctionnelles, liées aux conditions d'utilisation, et des caractéristiques structurelles, liées aux conditions de production, mais indifférentes à l'utilisateur.

Les caractéristiques fonctionnelles peuvent être :

- des caractéristiques "génériques", qui définissent la nature du produit, par sa fonction principale ;
- des "performances", qui permettent de mesurer l'aptitude du produit à remplir sa fonction ;
- des contraintes spécifiques d'un contexte d'utilisation précis et résultant des conditions de compatibilité qu'il implique.

### ***Les prix des caractéristiques***

L'existence de caractéristiques multiples et variables pour des produits de même nature, mais de prix divers, est à l'origine des méthodes économétriques d'ajustement par régression de "fonctions hédonistiques", exprimant les prix des biens comme fonctions des caractéristiques de ces biens, et permettant de calculer les "prix implicites" de ces caractéristiques.

Introduites pour corriger les indices de prix de l'effet des changements de qualité des produits, ces fonctions sont, en fait, des artefacts statistiques, qui impliquent des hypothèses de continuité très éloignées de la réalité, où les caractéristiques et les prix varient de façon discontinue. La notion de prix implicite intervient cependant lors des

calculs de bureaux d'étude et des décisions d'achat. Le recours aux fonctions hédonistiques permet une formalisation simple de cette notion et de celle de valeur d'usage (voir en annexe).

### ***La notion de filière***

La notion de "filière" correspond aux transformations successives d'une même matière dans la pratique industrielle existante, le long d'une suite d'opérations techniques et de transactions commerciales. Ce sont les structures élémentaires de l'activité industrielle dont le Tableau Entrées-Sorties de la comptabilité nationale donne une image d'ensemble.

### ***La notion de système technique***

La notion de "système technique" correspond au fait que les nouveaux produits engendrés par la technologie sont rarement utilisés isolément, mais comme composants de systèmes de plus en plus complexes, en même temps que d'autres produits qui constituent leur "contexte d'utilisation".

La structure du système implique un ensemble de relations entre les caractéristiques des composants ; elle se traduit par des équations qui expriment les caractéristiques du système complet en fonction des caractéristiques de ses composants, ainsi que les contraintes de la compatibilité mutuelle de ceux-ci. Ces relations permettent de déterminer la valeur d'usage de chaque composant.

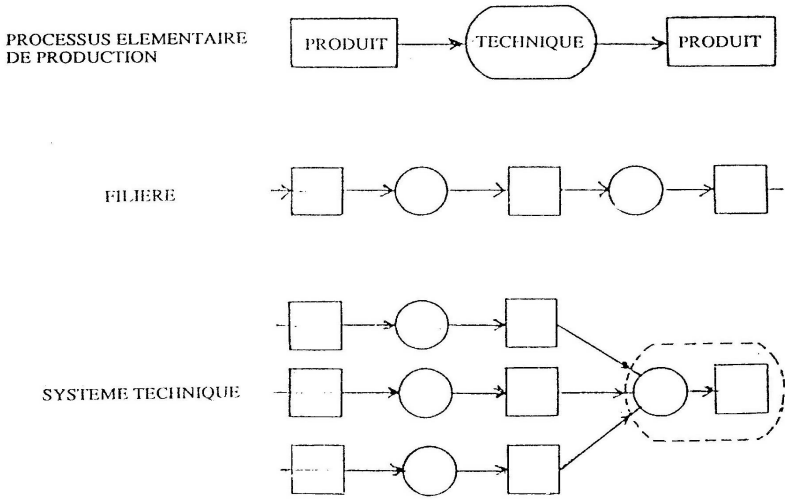
Dans l'industrie, les notions de "filière" et de "système technique" sont étroitement liées : d'une part, les équipements de production sont par eux mêmes des systèmes techniques, d'autre part, de nombreux procédés de production consistent dans l'assemblage des composants d'un système qui constitue le produit final. De plus, l'évolution technologique étend et multiplie les systèmes techniques, tandis qu'elle raréfie les industries qui peuvent être décrites comme une filière simple.

Nous sommes donc conduits à définir un système technique comme l'ensemble des filières qui concourent à une même utilisation finale : un tel ensemble peut être représenté par un schéma en forme d'arbre, souvent désigné par l'expression "arbre de pertinence" (Figure 1).

### ***La notion de lignée***

La notion de "lignée" correspond aux réalisations successives d'un même concept technique, depuis les découvertes scientifiques qui en ont fondé la possibilité et les premiers prototypes ; les lignées sont les voies de transmission de l'information scientifique et technique relative à un sujet déterminé ; leur ensemble possède une structure d'arbre pour une même innovation technologique [4].

**Figure 1.** Les concepts de base



***Le brevet, paradigme de la technologie***

L'invention est le projet d'une application nouvelle du savoir à une fin pratique. Le brevet est un titre de propriété, établissant un monopole temporaire sur le marché du produit ou du procédé qui résultera de l'invention.

La description d'une invention comporte, en régie générale, l'indication du produit obtenu, celle du procédé permettant de l'obtenir et celle des appareils ou des matériaux nécessaires à la mise en œuvre du procédé. Cette séquence :

"Produit —> Procédé —> Produit"

correspond à une portion de filière, que l'invention va créer ou modifier, et qui identifie le champ de la revendication de propriété industrielle.

Une invention peut ainsi être décrite comme intersection d'une lignée et d'une filière. Elle constitue l'articulation entre la valeur de connaissance et la valeur technologique des résultats scientifiques. Ce schéma de principe peut, grâce à la métrologie, devenir un modèle quantitatif.

### III. La modélisation

#### *Le modèle trivial*

L'importance de la technologie a conduit naturellement à considérer les dépenses de recherche comme un investissement et à tenter de calculer un ratio économique de la forme :  $\Delta V/\Delta D$ , où  $\Delta V$  serait la valeur des résultats attendus (par exemple celle de bénéfices escomptés sur les ventes futures de biens nouveaux), tandis que  $\Delta D$  serait une dépense, correspondant au coût des recherches engagées.

Les efforts faits dans ce sens, au niveau macroéconomique, n'ont jusqu'ici donné que peu de résultats qui pourraient éclairer la politique scientifique.

#### *L'économie des contrats de recherche appliquée*

Au niveau microéconomique, au contraire, un tel calcul devient une pratique courante des bureaux d'études techniques. Lorsque une recherche fait l'objet d'un contrat d'étude entre un laboratoire et une entreprise industrielle, le cahier de charges permet d'observer une séparation des variables : il est, en effet, rédigé en termes d'objectifs techniques, définis par des spécifications formulées à l'aide de grandeurs de mesure.

Le problème de l'évaluation économique des résultats attendus d'un effort de recherche se décompose alors en deux problèmes distincts, selon un calcul très simple :

$$\Delta V/\Delta D = (\Delta G/\Delta D) \times (\Delta V/\Delta G)$$

où  $G$  représente une grandeur physique caractéristique d'une performance technique, dont dépend la valeur d'usage d'un produit ou d'un procédé industriel. L'existence de telles grandeurs conditionne la passation des contrats d'étude, grâce à un langage commun aux chercheurs et aux industriels [5]. Ce préalable métrologique n'est en général rempli que dans le champ des applications des sciences exactes.

Les deux ratios ainsi obtenus peuvent faire l'objet d'estimations séparées et de modèles différents.

#### *Modélisation de la valeur d'usage*

Le ratio  $\Delta V/\Delta G$  fait intervenir les résultats économiques futurs d'une amélioration technique donnée d'un procédé ou d'un produit ; c'est un problème classique d'étude de marché et d'analyse de la valeur.



Il faut d'abord identifier, parmi les caractéristiques du produit final, les performances qui font sa valeur d'usage et prévoir le prix implicite que la clientèle consentirait à payer pour leur amélioration. Il faut ensuite déterminer les caractéristiques des facteurs de production assurant cette amélioration au moindre coût.

Le modèle donné en annexe propose une formulation analytique de ces procédures : il décrit la "Production de caractéristiques au moyen de caractéristiques" ; c'est la simple transposition dans l'espace des caractéristiques du modèle classique de Sraffa : "*La production de marchandises au moyen de marchandises*" [11]. Le modèle est "à entrées et sorties" et permet de définir la valeur d'usage d'une caractéristique d'entrée comme une grandeur mesurant son utilité et pouvant être comparée à son prix implicite.

L'expression obtenue met en évidence le fait que la valeur d'usage des caractéristiques d'entrée dépend de deux facteurs :

- les équations décrivant le processus de production des caractéristiques de sortie au moyen des caractéristiques d'entrée, c'est-à-dire le contexte d'utilisation de celles-ci, pris en compte par l'analyse de la valeur ;
- les prix implicites des caractéristiques de sortie, c'est-à-dire une information recueillie par l'étude de marché.

Les caractéristiques d'entrée étant elles-mêmes des caractéristiques de sortie de l'opération de production précédente, le modèle est transitif, le long d'une filière, et les valeurs d'usage des caractéristiques sont calculables de proche en proche, à partir des prix implicites du marché final ; une évaluation du ratio  $\Delta V/\Delta G$  peut être obtenue pour toute caractéristique  $G$  mesurable.

Il est donc possible de rendre compte à la fois de la production de valeurs d'usage au moyen de valeurs d'usage et de la transformation de valeurs d'usage en valeurs marchandes.

### ***Modélisation de la recherche technique***

Le ratio  $\Delta G/\Delta D$  fait intervenir le coût prévisible des recherches nécessaires à l'obtention d'un résultat technique défini à l'avance ; c'est un problème classique de gestion d'un laboratoire, si aléatoire que soit sa solution.

La recherche appliquée présuppose la connaissance, déjà acquise par la recherche fondamentale, des lois physiques qui sous-tendent les techniques industrielles. Dans les applications des sciences exactes, les mêmes grandeurs de mesure servent, en laboratoire, à étudier et décrire un phénomène et ses lois, et, en usine, à maîtriser l'utilisation de ce phénomène dans un procédé industriel. L'exactitude de la connaissance scientifique de ces grandeurs précède et rend possible l'exactitude du contrôle du procédé, c'est-à-dire l'amélioration des performances de celui-ci ou des produits qu'il sert à fabriquer. L'ampleur des améliorations possibles est rendue prévisible par l'écart existant entre l'exactitude des mesures industrielles et celle

des mesures scientifiques dans un même domaine.

La transition se fait ainsi, par un sous-espace commun, entre l'espace des caractéristiques des produits et celui des grandeurs de mesure : la recherche technique peut être décrite comme transformation de connaissances scientifiques en performances industrielles, le long des "lignées" précédemment définies.

### ***Le problème de la recherche fondamentale***

C'est l'existence des résultats déjà acquis par la recherche fondamentale qui permet plus ou moins bien, dans la recherche technique, d'évaluer ex ante le ratio  $\Delta G/\Delta D$ .

Cette évaluation devient, le plus souvent, impossible en recherche fondamentale, où les résultats les plus importants sont d'une imprévisibilité intrinsèque.

Ce n'est que dans le champ des sciences exactes que la possibilité subsiste de l'observation *ex post* d'un ratio analogue  $\Delta S/\Delta D$ , où  $\Delta S$  désigne un gain d'exactitude dans la connaissance d'une grandeur physique et  $\Delta D$  la dépense qui a permis de l'obtenir, notamment grâce à une instrumentation meilleure. Cette instrumentation a un double rôle :

- mesurer avec exactitude de plus en plus grande les grandeurs existantes,
- créer artificiellement des conditions expérimentales plus variées et mieux contrôlées que celles fournies par la nature ou réalisées auparavant ; ces conditions sont elles-mêmes définies et contrôlées par des grandeurs de mesure.

On peut alors décrire le processus élémentaire de recherche en termes d'entrées et sorties, à l'aide d'indicateurs quantitatifs et physiquement significatifs :

- des moyens utilisés, par les caractéristiques physiques de l'instrumentation,
- des résultats obtenus, par le gain d'exactitude dans la mesure des constantes physiques qui interviennent dans le phénomène étudié.

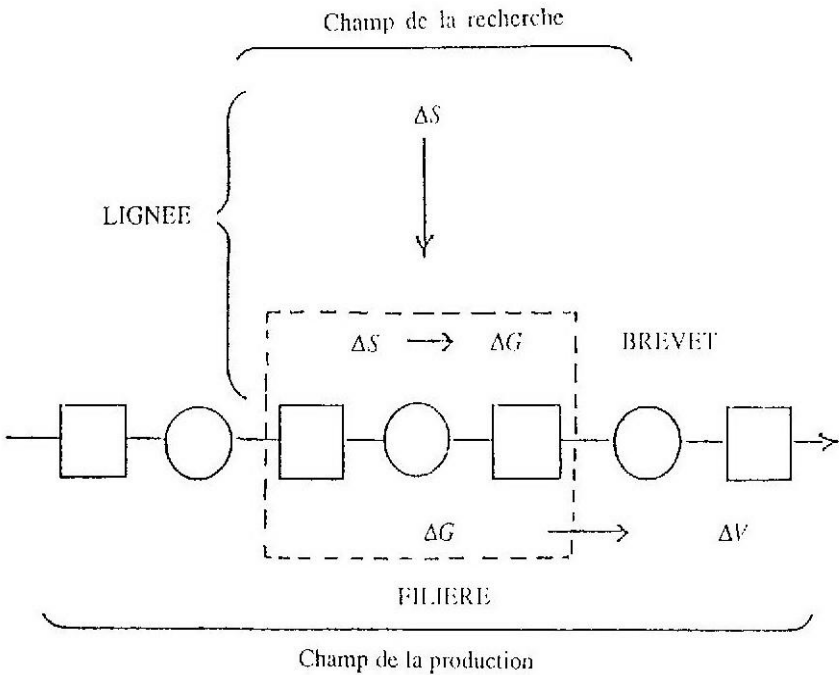
On peut ensuite estimer la "valeur de connaissance" de ces résultats pour la communauté scientifique en termes de "production de connaissances à l'aide de connaissances", par les gains d'exactitude qu'ils rendent possibles dans la mesure d'autres grandeurs.

Les lois physiques s'exprimant sous la forme de relations simples entre des grandeurs mesurables, ces gains sont calculables, de proche en proche : leur propagation se fait, dans l'espace des grandeurs de mesure, le long de la structure des lois connues, qui est aussi celle des systèmes d'unités et des relations entre les divers domaines des sciences exactes.

**Le processus technologique élémentaire**

Au niveau strictement microéconomique d'une innovation particulière, le processus technologique, transformation d'un nouveau savoir en produit ou procédé nouveau mis sur le marché, peut être modélisé dans son ensemble, par chaînage de ses étapes, comme intersection d'une filière et d'une lignée (Figure 2) :

- A - Production de connaissances au moyen de connaissances et d'instrumentation,
- B - Transformation de connaissances en performances,
- C - Production de performances au moyen de performances,
- D - Transformation de valeurs d'usage en valeurs marchandes.



**Figure 2, Le processus technologique élémentaire**

Rappelons que ce chaînage n'est possible que grâce au référentiel commun que constituent les grandeurs de mesure. Cette condition n'est remplie que dans certains domaines des sciences exactes.

Sous réserve de ce préalable métrologique, des études monographiques deviennent réalisables. La construction du compte satellite pose deux autres problèmes : les méthodes d'agrégation et le raccord aux comptes centraux.

### ***Le rôle des systèmes techniques dans l'agrégation***

Le but du compte satellite est de permettre à la comptabilité nationale de décrire correctement au niveau agrégé les comportements des agents en matière de technologie, au niveau microéconomique. La procédure d'agrégation doit conserver la problématique de base.

Les choix des acheteurs et les calculs des ingénieurs étant formulés en termes de valeur d'usage, c'est-à-dire de caractéristiques et de prix, il est nécessaire de construire des agrégats dont la valeur d'usage ait un sens, c'est-à-dire dont les performances aient à la fois une mesure et un prix, et dont on puisse définir le contexte d'utilisation.

La notion de système technique, que nous avons définie comme ensemble de filières concourant à une même utilisation finale, répond à cette nécessité : la transitivité du modèle de production de caractéristiques au moyen de caractéristiques permet de décrire un système technique par un arbre, dont les terminaisons de branche correspondent aux caractéristiques d'entrée, et le tronc aux caractéristiques de sortie ; celles-ci ont leurs prix implicites sur le marché du produit (ou du service) final du système [2].

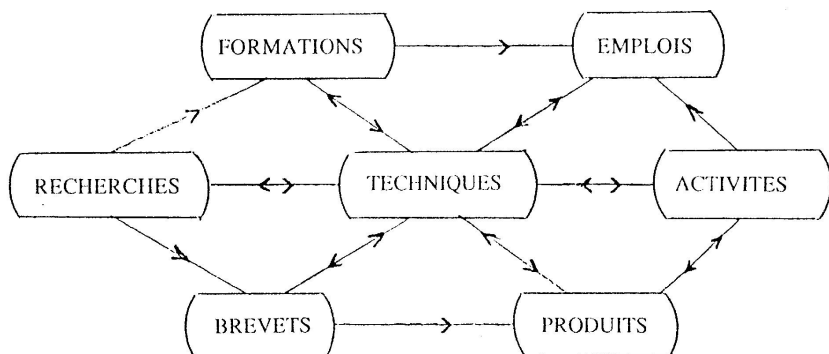
Le problème de l'agrégation reste néanmoins incomplètement résolu. En effet, la modélisation du processus technologique doit être faite séparément pour chaque système technique. Or l'ensemble des systèmes techniques forme un recouvrement, et non une partition, du système productif. De plus, ce recouvrement n'est que partiel, restant limité par le préalable métrologique aux applications industrielles des sciences exactes.

### ***Le raccord aux comptes centraux***

La technologie est un processus fait de flux d'information au sein d'un réseau de communication qui réunit le domaine de l'information scientifique et technique à celui de l'information industrielle et commerciale. Le réseau constitue le "système d'information technologique", qui est le support du processus à décrire (Figure 3).

La métrologie fournit le référentiel qui permet la description de ce système en termes d'entrées et de sorties.

Les entrées sont des informations scientifiques, produites par la recherche et quantifiables par les performances des équipements de laboratoire, notamment par des gains d'exactitude de mesure.



flux d'informations : →

**Figure 3. Le système d'information technologique**

Les sorties sont des progrès de compétitivité apportés par l'innovation, progrès mesurables en termes de variations de caractéristiques et de prix implicites de celles-ci, c'est-à-dire de rapports performances/prix.

Les interfaces avec les Comptes Centraux correspondent donc, d'une part, au Compte Satellite de la Recherche, d'autre part, aux déflateurs du T.E.S.

En ce qui concerne le Compte Satellite de la Recherche, l'apport est double :

- élaboration de déflateurs spécifiques, qui permettent le suivi en volume des dépenses de recherche et développement,
- élaboration d'indicateurs de résultats de la recherche ; la difficulté est alors de relier ces indicateurs de résultats à leurs coûts ; elle peut être surmontée par l'élaboration des "profils métrologiques" des domaines de recherche (grandeurs de mesure qui interviennent dans chaque domaine).

En ce qui concerne le T.E.S., l'apport est la construction progressive d'un Tableau annexe permettant un suivi de l'évolution des déflateurs, entre les changements de base. Cette construction nécessite un inventaire des techniques mises en œuvre par les différentes branches, selon une nomenclature des techniques à élaborer.

## **IV. Mise en œuvre du projet**

### *Les outils : deux bases de données*

La mise en œuvre des principes qui viennent d'être exposés repose sur l'utilisation conjointe de deux bases de données quantitatives.

Une première base de données assure le suivi des connaissances scientifiques, grâce à des séries décrivant l'évolution de paramètres scientifiques, valeurs extrêmes des paramètres expérimentaux réalisables en laboratoire, exactitude de la mesure de grandeurs ou de constantes physiques) et le suivi des performances techniques (caractéristiques de produits ou de procédés).

Une seconde base contient les données sur l'évolution des coûts des mêmes résultats scientifiques et des prix implicites des mêmes caractéristiques techniques.

### *Les méthodes*

Le problème à résoudre est celui du choix des séries à constituer, leur nombre devant rester limite, compte-tenu des coûts de collecte et de traitement des données.

C'est pour chaque système technique que doivent se faire le choix des caractéristiques de performance des composants, aux divers niveaux de "l'arbre" représentant la structure du système, et la collecte des données numériques correspondantes.

Les méthodes utilisées ont été conçues et expérimentées depuis de nombreuses années [1]. Le fait nouveau, d'importance majeure à notre avis, est le développement actuel d'une analyse économique du changement technologique, associant des ingénieurs, des statisticiens et des économistes [13]. L'originalité de cette analyse est d'utiliser comme cadre de référence "l'espace des caractéristiques" des produits proposé par Lancaster. Mais la plupart des travaux effectués jusqu'ici ont été des études de cas, réalisées en ordre dispersé et trop hétérogènes pour entrer dans un même cadre d'ensemble.

Des efforts sont donc en cours pour constituer un ensemble cohérent de nomenclatures en matière de brevets, de produits et de techniques.

### *Les sources*

Les données nécessaires peuvent être obtenues dans la documentation scientifique et technique, mais aussi par l'interrogation d'ingénieurs, et, pour une large part, à l'aide des descriptions de matériels et de produits contenues dans l'information industrielle et commerciale émanant des fournisseurs.

La base de données sur le suivi des coûts et des prix ne peut être constituée qu'à partir de cette dernière source. Le calcul économétrique de fonctions hédonistiques, nécessaire pour la détermination des prix implicites des performances, n'est possible que si l'on dispose de données commerciales suffisantes sur les caractéristiques et les prix des produits.

D'autre part, la reconstitution de l'évolution passée de chaque performance se heurte fréquemment aux lacunes ou à l'absence d'archives techniques et commerciales.

### ***Les travaux en cours***

Les applications actuelles sont encore expérimentales. Des études de cas sont en cours de réalisation pour trois systèmes techniques :

- l'utilisation de lasers stabilisés comme instruments de mesure dans la nouvelle définition du mètre,
- l'utilisation d'outils de coupe en céramique dans l'usinage des métaux,
- le développement de l'intégration des circuits électroniques et ses conséquences pour le calcul scientifique.

L'intérêt de ces applications est à la fois méthodologique et pratique :

- elles permettront de mettre au point les procédures de collecte et de synthèse des données,
- elles devraient conduire à des résultats immédiatement utilisables pour l'élaboration de déflateurs, pour celle d'indicateurs de compétitivité ou pour le suivi de la productivité.

Le nécessaire partage des dépenses de recherche entre volume et prix rend, en effet, urgente la mise au point de déflateurs pour l'instrumentation scientifique, domaine de la première de ces applications.

Les deux autres études de cas portent sur des domaines d'une grande importance actuelle en économie industrielle, en raison de leur évolution technologique particulièrement rapide.

## **V. Conclusion**

L'introduction de la technologie dans les comptes nationaux est urgente, à la fois pour assurer la pertinence des déflateurs, pierre d'angle du Tableau Entrées-Sorties, et pour ne pas exclure du champ de l'observation et de la prévision le principal facteur d'évolution des économies modernes.

La modélisation du processus technologique est possible, grâce à la métrologie, et devrait conduire à la construction d'un Compte Satellite.

Bien que des résultats immédiats puissent être obtenus, cette construction ne peut être que progressive et de nombreux problèmes restent à résoudre. Leur solution nécessite le développement de concepts nouveaux, la mise en œuvre de méthodes inhabituelles et le recours à des sources jusqu'ici négligées.

La prise en compte de la technologie constitue donc un programme de travail nouveau, nécessairement interdisciplinaire, pour combler le vide épistémologique qui sépare encore les sciences et les techniques de l'analyse économique.

## ANNEXE

### *Modèle simplifié de la valeur d'usage*

Dans le cas, simplifié à l'extrême, d'une entreprise qui achète un bien  $X$  et l'utilise pour produire un bien  $Y$ , à l'aide d'une technique de transformation  $T$ , les  $X$  et  $Y$  étant décrits par leurs caractéristiques

$$(x_1 \dots x_i \dots x_m) \text{ et } (y_1 \dots y_j \dots y_p)$$

que la technique  $T$  relie par  $p$  relations de la forme

$$y_j = f_j(x_1 \dots x_i \dots x_m)$$

la valeur d'usage de  $X$  est une fonction de ses caractéristiques

$$U(X) = U(x_1 \dots x_i \dots x_m)$$

telle que

$$dU(X) = dP(Y)$$

La valeur d'usage de chaque caractéristique de  $X$  est alors donnée par :

$$\frac{\partial U(X)}{\partial x_i} = \sum_j \frac{\partial P(Y)}{\partial y_j} \frac{\partial f_j}{\partial x_i}$$

si les diverses fonctions sont continues et dérivables. Ces hypothèses très restrictives faites pour simplifier le modèle ne seront pas discutées ici. Elles ne sont pas impliquées dans les résultats obtenus.

Le cœur du modèle est en effet constitué par l'ensemble d'équations qui relient les caractéristiques d'entrée et les caractéristiques de sortie, à travers le procédé technique. Les expressions obtenues restent les mêmes dans le cas d'intrants et d'extrants multiples.

Plusieurs points doivent être soulignés :

- la référence à l'espace des caractéristiques est nécessaire à la définition et l'analyse de la valeur d'usage ;



- la valeur d'usage d'un intrant est fonction du contexte technique d'utilisation de cet intrant et des prix implicites des caractéristiques de l'exlrant ;
- la valeur d'usage d'un bien n'est pas une caractéristique intrinsèque de ce bien, mais peut différer d'un utilisateur à l'autre ;
- le modèle est transitif ; il est valable pour les processus de production qui se succèdent le long d'une filière, les extrants d'un processus devenant les intrants d'un autre, et ainsi de suite ; par conséquent, il teste valable pour la filière dans son ensemble et pour tin système technique, défini comme l'ensemble des filières concourant à une même utilisation finale.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Ayres, R.U. (1969), *Technological forecasting and long-range planning*, McGraw-Hill Book Company, New-York.
2. Ayres, R.U. (1985), "Empirical measures of technological change at the sectoral level", *Technological forecasting and social change*. 27 (2-3) : 229-248.
3. Chamberlin, E.H. (1953), "The product as an economic variable", *The Quarterly Journal of Economics*, LXVII (1) : 1-29.
4. Deforge, Y. (1985), *Technologie et génétique de l'objet industriel*. Ed. Maloine, Paris.
5. Duprat, H. (1972), "Conditions linguistiques du transfert technologique", *Automatisme XVII* (11) : 337-346, Dunod, Paris.
6. Duprat, H. (1986), "Comptabilité nationale et métrologie", in *Etudes de comptabilité nationale*, Archambault E. et Arkhipoff O., éd. Economica, Paris,
7. Duprat, H. (1987), "Vers une théorie de la valeur d'usage", *Journal de la Société de Statistique de Paris*, 128 (4).
8. Duprat, H. (1988), "Déflateurs et technologie : le cas du prix des ordinateurs aux Etats-Unis", in *Les nouveaux aspects de la comptabilité nationale*, Archambault E. et Arkhipoff O. éd., Economica, Paris.
9. Duprat, H., (1988), "Towards a satellite account of technology : the problem of measurement from a viewpoint of metrological dynamics". International Conférence on *Regularities of scientific-technical progress and tong-term tendencies of economic development*, IIASA et Académie des Sciences d'URSS, mars 1988. A paraître aux Editions Nauka, Moscou.

10. Lancaster, K.J. (1966), "A new approach to consumer theory", *Journal of Political Economy*, 74 (2): 132-157.
11. Sraffa, P. (1960). *Production of commodities by means of commodities*, Cambridge University Press.
12. Triplett, J. (1983), "Concepts of quality in input and output price measures : a resolution of the user-value resource-cost debate" in the *U.S. National income and products accounts : selected topics*. Murray F. Foss ed. The University of Chicago Press.
13. Triplett, I. (1985), "Measuring technological change with characteristics-space techniques", *Technological forecasting and social change*. 27 (2-3) : 283-308.

Fermer cette fenêtre pour revenir au Sommaire