

« Nouveaux aspects de la Comptabilité Nationale », Edith Archambault et Oieg Arkhipoff, éditeurs, Economica, Paris 1988.

DEFLATEURS ET TECHNOLOGIE : LE CAS DU PRIX DES ORDINATEURS AUX ETATS-UNIS

Henri Duprat

Administrateur de l'Institut National
de la Statistique et des Etudes Economiques
Paris

INTRODUCTION

La technologie, au sens de l'exploitation systématique des possibilités techniques nouvelles offertes par le progrès scientifique [20], est au cœur des stratégies industrielles : elle apparaît à la fois comme le moyen de la compétitivité et l'objet de nouveaux monopoles. Elle a en effet pour conséquences la différenciation des produits et des techniques et la segmentation des marchés, caractéristiques de l'économie moderne, autant, sinon davantage, que la croissance.

Cependant, dans son état actuel, la comptabilité nationale ne permet ni d'en décrire les mécanismes, ni d'en formuler les conditions, ni d'en mesurer les résultats.

Cette situation peut d'autant moins durer que le développement de la technologie altère, dès qu'il touche une branche industrielle, la validité des comptes la concernant : il met en cause la pertinence des déflateurs qui constituent la pierre d'angle de la comptabilité nationale [13].

Les procédures de gestion des entreprises font en effet intervenir des techniques de calcul économique où interviennent simultanément des performances et des prix : achats et approvisionnements, analyse de la valeur, contrôle de qualité, études de marché, évaluations de compétitivité, conception de produits, etc. Dès que le voile de la monnaie est franchi, les caractéristiques physiques disparaissent et seules subsistent des grandeurs monétaires. *Comment la comptabilité nationale peut-elle, à l'aide des seules données en valeur, décrire les problèmes technico-économiques que les entreprises ont à résoudre à leur niveau et les comportements d'ensemble du système productif résultant des choix qu'elles effectuent ?*

C'est en termes de prix et quantités, et en référence implicite à la formation classique de la demande, qu'est effectuée l'agrégation des transactions interindustrielles et la recherche des déflateurs du Tableau-Entrées-Sorties [3]. Chaque case d'un tel tableau d'échanges est traitée comme si elle contenait un seul produit : un déflateur unique sert à transformer son contenu en flux de valeur à prix constants, dont les variations reflètent à la fois des variations de quantité et des changements de qualité des biens échangés [2]. Les biens qui composent les flux réels comptabilisés dans une même case sont censés être assez homogènes et invariants, quant à leurs conditions techniques et économiques de production et d'utilisation, pour que l'évolution de leurs prix reste peu dispersée et puisse être représentée par un indice unique.

Ce postulat est à peu près vérifié dans des secteurs industriels où les produits sont peu nombreux, les innovations rares et lentes et les possibilités de substitution limitées. *Il est au contraire d'autant moins admissible que l'évolution technique est plus rapide et l'effort d'innovation plus intense.*

L'adéquation entre la Comptabilité Nationale et la réalité économique est donc variable à la fois selon la nature des questions posées, en termes technico-économiques ou seulement financiers, et selon l'importance du rôle joué par la différenciation des produits et des techniques [13].

On pouvait dès lors s'attendre à ce que les déflateurs les moins fiables soient ceux affectés par le développement de la microélectronique, et notamment en informatique. La révision récente des comptes nationaux des Etats-Unis en apporte la preuve : des errements anciens dans l'élaboration de l'indice de prix des ordinateurs ont abouti, en dix ans, à de graves anomalies dans des évaluations en dollars constants, portant sur une industrie d'une importance particulière. L'objet de cette communication est de résumer les travaux des comptables nationaux américains et d'en commenter les méthodes et les résultats.

Ces travaux permettent en effet de prévoir la mise en œuvre de moyens nouveaux de prise en compte de la technologie : notamment l'utilisation des sources (inexploitées jusqu'ici) que constituent l'information industrielle et commerciale et l'information scientifique et technique, et le suivi systématique d'indicateurs de qualité et de performances des produits et des procédés, ainsi que des prix implicites de ces performances.

I — LE NOUVEL INDICE DE PRIX DES ORDINATEURS DANS LES COMPTES NATIONAUX DES ETATS-UNIS

En décembre 1985, le Bureau d'Analyse Economique du Département du Commerce des Etats-Unis (B.E.A.) a diffusé les premiers résultats de la révision des comptes nationaux 1929-85. Cette révision est la huitième, la précédente datant de 1980. Elle comporte trois types de modifications :

— la mise à jour des définitions et de nomenclatures,

— la substitution de la base 1982 à la base 1972, l'introduction de nouveaux indices de prix et la révision de diverses données statistiques,
— divers changements dans le choix des séries et la présentation des tableaux.

Le « Survey of Current Business » a ainsi publié

— en octobre 1985, une présentation méthodologique d'ensemble,
— en décembre 1985, les principales estimations révisées et leur commentaire,
--- en avril 1986, des estimations révisées du Produit Brut par Industrie, de 1947 à 1985, ainsi que des errata en février et avril.

La présentation méthodologique d'octobre 1985 annonçait des améliorations dans le choix des déflateurs utilisés, et notamment *l'introduction d'un nouvel indice de prix des ordinateurs*.

Le problème du prix des ordinateurs

Cette décision est l'aboutissement de travaux conduits par le B.E.A. depuis plusieurs années et qui avaient fait l'objet d'un document discuté par un groupe d'experts de l'O.C.D.E. en mai 1985.

Les achats d'ordinateurs par les entreprises représentaient en 1982, aux Etats-Unis, 17 milliards de dollars, soit 8 % des achats privés de biens d'équipement professionnels et 0,5 % du P.N.B. en dollars courants. Le B.E.A. procédait à l'estimation de ces achats en dollars constants *en utilisant un déflateur qui ne reflétait aucune variation de prix. Cette convention avait été adoptée, il y a de nombreuses années, après consultation d'experts industriels et sur le principe que les hausses de prix correspondaient à peu près au coût des améliorations qualitatives apportées aux produits.*

Or vers le milieu des années 70 *de nouveaux modèles sont apparus, qui se caractérisaient non seulement par de grandes améliorations qualitatives, mais aussi par des réductions de prix par rapport aux modèles précédents, tandis que les prix des modèles existants diminuaient.*

Le B.E.A. a ainsi été conduit à rechercher un nouvel indice tenant mieux compte des changements qualitatifs dans la mesure du produit réel, et à adopter *un indice dit « composite », indice-chaîne amélioré par le recours à des méthodes hédonistiques.*

Plusieurs articles du « Survey » ont été consacrés au choix de l'indice et à la présentation des résultats :

— en décembre 1985, une « note sur la révision des équipements de production », évaluant le rôle du nouvel indice dans la révision des dépenses d'équipements,

— en janvier 1986, une étude de Jack Triplett sur « L'interprétation économique des méthodes hédonistiques » [26] et un article résumant les travaux d'une équipe d'économistes d'I.B.M. sur « les indices de prix corrigés des changements de qualité pour les unités centrales et certains équipements périphériques d'ordinateurs » [7],

— en mars 1986, des « Corrections sur les estimations d'achats d'ordinateurs », décrivant les modifications introduites dans l'utilisation des sources statistiques.

La prise en compte de la qualité des produits

La méthode classique de construction des indices de prix, consistant à comparer le prix d'un ensemble de biens pour la période en cours et pour celle de base, cesse d'être applicable lorsque trop de produits sont remplacés par d'autres ou changent trop de qualité. Le B.E.A. utilisait donc déjà, pour les biens d'équipement autres que les ordinateurs, des *indices-chaîne*, où étaient comparés les prix d'un même produit à deux périodes successives (« match-model index »).

Lorsque l'évolution technique est très rapide, ces indices-chaîne sont affectés d'erreurs, rappelées par Triplett [26] : une part des changements de prix que provoque une nouvelle technologie échappe au calcul, les produits anciens trop peu compétitifs en face des nouveaux disparaissent, tandis que les couples de prix successifs retenus concernent souvent des produits affectés, d'une période à la suivante, de changements de qualité. Plus la règle d'identité des produits est appliquée strictement, moins nombreux sont les couples de prix utilisables.

Dans le cas des ordinateurs, l'indice « composite » introduit par le B.E.A. reste un indice-chaîne, mais une méthode « hédonistique » est utilisée pour corriger ces erreurs, en remplaçant les prix manquants des produits nouvellement apparus ou disparus par des prix estimés en fonction des caractéristiques physiques de ces produits. Le nombre de couples de prix servant de base au calcul de l'indice est ainsi augmenté.

De telles méthodes ont fait leur apparition dès les années trente, mais leur développement et leur interprétation économique sont assez récentes [18]. Triplett en définit le « cœur » comme constitué par :

« Une équation de régression, la « fonction hédonistique », où les prix d'un ensemble de différents modèles, ou variétés, d'un produit sont les variables dépendantes et les *caractéristiques* de ce produit sont les variables indépendantes, ou explicatives. Par exemple, dans l'étude d'I.B.M., les fonctions hédonistiques pour un équipement d'ordinateur prennent la forme spécifique

$$P = A M_1^{b_1} M_2^{b_2} U$$

où P représente les prix des modèles d'un genre particulier d'équipement, M_1 et M_2 sont deux caractéristiques de ce type d'équipement, et U est un terme d'erreur. Les coefficients A, b_1 et b_2 sont estimés par régression et ces coefficients permettent de calculer des évaluations en dollars, ou *prix implicites*, des caractéristiques ».

L'interprétation économique des fonctions hédonistiques repose donc, selon Triplett, sur « l'idée que des biens hétérogènes sont des « paquets » (bundle) de caractéristiques. Le prix de chaque modèle d'un bien hétérogène peut donc

être décomposé en prix et quantités de caractéristiques. Une fonction hédonistique rend cette décomposition explicite, et fournit un ensemble d'ésimation des prix des caractéristiques ».

Ces prix implicites sont les données-clés de la construction d'indices de prix corrigés des changements de qualité. Leur utilisation a été faite de quatre façons différentes :

I - Par comparaison directe des prix d'un ancien modèle et du nouveau qui le remplace, en corrigeant le prix de l'un (ou de l'autre) de la valeur estimée des changements des caractéristiques.

II - Par remplacement des prix manquants, lors des apparitions de produits nouveaux ou des disparitions de produits anciens, par des prix « synthétiques ». C'est le principe de l'indice composite du B.E.A. Comme dans le cas précédent, la méthode générale de l'indice-chaîne classique reste conservée, les méthodes hédonistiques n'étant appliquées qu'aux modèles dont la qualité change.

III - Par calcul d'un « indice des prix des caractéristiques », défini directement à partir des prix implicites et des quantités de celles-ci. Un tel indice est déjà utilisé dans les comptes nationaux américains pour le prix de vente des maisons individuelles neuves.

IV - Par estimation directe de l'indice de prix à l'aide de la régression, comme résidu de la variation des prix entre deux périodes non imputable aux changements de qualité.

Les travaux des économistes d'I.B.M.

L'article collectif [7] publié dans le Survey of Current Business de janvier 1986 résume un ensemble de travaux qui ont porté sur quatre types de matériels informatiques : unités centrales, mémoires à disques, imprimantes et terminaux. *Les petits ordinateurs étaient exclus de l'étude.*

Les caractéristiques retenues ont été :

— pour les unités centrales : vitesse (en millions d'instructions par seconde) et capacité de mémoire (en millions d'octets),

— mémoires à disques : capacité (en millions d'octets) et vitesse de transfert (inverse du temps de transfert de deux millions d'octets),

— imprimantes : vitesse (en caractères par seconde), résolution (en nombre de points par caractère) et nombre de types de caractères disponibles en cours de fonctionnement,

— terminaux (non spécialisés, sans capacité de calcul propre) : capacité de l'écran (en nombre de caractères), nombre de couleurs disponibles et nombre de fonctions programmables.

Les sources utilisées pour constituer un fichier des modèles des divers matériels, avec indication des caractéristiques et des prix ont été :

— des *catalogues de constructeurs* (notamment I.B.M.),

— des *catalogues collectifs* édités par des sociétés de conseil (« Datapro », par exemple),

— des *rapports publiés dans la presse spécialisée* (« Datamation », « Computerworld », « E.D.P. Industry Reports », etc.).

Trois difficultés majeures ont été rencontrées :

— *le choix du niveau d'agrégation* ; l'étude n'a pas été faite sur les systèmes informatiques complets, mais sur les principaux composants de ces systèmes ; la plupart des transactions commerciales se situent à ce niveau et les caractéristiques des composants sont plus facilement mesurables que celles des systèmes ;

— *le choix des caractéristiques* propres à chaque type de composants ; les régressions risquent en effet d'être biaisées si ces caractéristiques sont mal définies ou mal mesurées ; leur choix dépend du rôle spécifique du composant dans le système informatique complet, et *ne peut être fait sans des connaissances techniques suffisantes* ; d'autre part, les données qui figurent dans les catalogues ne sont pas toujours exprimées dans les mêmes unités, ni mesurées dans les mêmes conditions ; c'est ainsi, par exemple, que la vitesse de calcul d'une unité centrale dépend de la définition de « l'instruction » dont le temps d'exécution sert de grandeur de mesure ; cette définition est une moyenne pondérée des vitesses propres des diverses instructions exécutées lors d'un échantillon de tâches différentes. Si la nature des travaux change, la vitesse moyenne change aussi ; I.B.M. a adopté, à des fins internes, une définition standard, qui tend, en pratique, à s'imposer sur le marché ;

— *La prise en compte, dans les fonctions hédonistiques, des déséquilibres de prix provoqués par la technologie* ; l'hypothèse de travail est en effet que les écarts entre les prix des biens offerts sur un même marché au même moment reflètent avant tout les différences entre les caractéristiques de ces biens ; or le déséquilibre du marché peut faire coexister deux ensembles de prix pour des produits possédant les mêmes caractéristiques — un prix pour les produits issus de l'ancienne technologie et un pour ceux issus de la nouvelle — et la corrélation entre les caractéristiques et les forces créatrices du déséquilibre risque, sauf précautions, de conduire à des biais dans les estimations statistiques ; des générations technologiques successives ont donc été distinguées dans le cas des unités centrales et dans celui des mémoires à disques, pour tester la présence de prix multiples et d'éventuelles variantes des fonctions hédonistiques.

L'importance des difficultés à surmonter explique sans doute la modestie des auteurs, qui présentent leur étude comme « un premier pas » et non « une alternative pleinement satisfaisante » aux méthodes précédemment utilisées. Les résultats obtenus sont cependant assez remarquables.

Ces résultats sont de deux sortes :

— de *nouvelles séries d'indices* du prix des matériels, indices corrigés de l'évolution des caractéristiques de ceux-ci ;

— de nouvelles séries retraçant *l'évolution des prix implicites* des caractéristiques elles-mêmes.

Les nouveaux indices obtenus

Quatre séries d'indices ont été calculées, pour chaque catégorie de matériel, de 1972 à 1984 :

— *un indice-chaîne classique*, et trois indices « hédonistiques », correspondant aux définitions déjà citées (référencées II, III, et IV) :

- *un indice composite*,
- *un indice des prix des caractéristiques*,
- *un indice estimé directement par régression*.

L'examen des séries confirme la baisse générale des prix des matériels informatiques, mais il montre que l'indice-chaîne diminue beaucoup moins, dans chaque cas, que les divers indices hédonistiques. De 1972 à 1984, ceux-ci font apparaître, par exemple, *des baisses moyennes de 17,6 à 19,2 % l'an pour les unités centrales, au lieu de 8,5 % d'après l'indice-chaîne, et de 12,6 à 16,9 % pour les mémoires à disques au lieu de 6,9 %*

Mais une analyse plus fine révèle que ces divergences sont très variables au cours du temps : les évolutions de l'indice-chaîne et des indices hédonistiques restent, pour un même matériel, assez voisines pendant certaines périodes, tandis qu'à d'autres moments de très fortes baisses affectent les indices hédonistiques sans que l'indice-chaîne en soit affecté. On peut vérifier ainsi que *les indices-chaîne laissent échapper les baisses de prix induites par l'introduction sur le marché de matériels d'une nouvelle génération technologique* : c'est le cas, pour les unités centrales, de la substitution, vers 1972, de semi-conducteurs aux tores magnétiques, puis, de 1976 à 1980, de l'apparition de circuits intégrés de densités croissantes, jusqu'aux 64 K actuels. De même, l'indice-chaîne n'a pas enregistré les baisses du coût des mémoires à disques en 75-78 et 82-84. Dans le cas des imprimantes, les quatre indices ont sensiblement évolué de la même façon de 1972 à 1982, pour diverger brutalement de 1982 à 1984, en raison de l'introduction sur le marché de nouveaux modèles importés.

L'étude d'LB.M. permet donc de conclure à la nécessité de recourir à des méthodes hédonistiques pour prendre en compte le changement technologique. Mais les écarts observés entre les divers indices ainsi obtenus restent à réduire ou à expliquer. Il s'agit donc bien d'une étape de la recherche. On peut dès lors comprendre le choix par le B.E.A. d'un indice composite. Cet indice permet de rendre compte, en première approximation, de l'introduction de matériels nouveaux, tout en minimisant les risques d'erreurs ou de controverses : il constitue en effet un compromis entre les méthodes traditionnelles et ce qui peut apparaître à certains comme un simple artifice « ad hoc », et à d'autres au contraire, comme l'amorce d'une révolution théorique.

Les prix implicites des caractéristiques

Les calculs de régression effectués ont permis de mettre en évidence les prix implicites des performances des matériels et leur évolution de 1972 à 1984.

Tableau A
Prix estimés des caractéristiques

Années	Unités centrales		Mémoires à disques	
	Vitesse de calcul	Capacité de mémoire	Vitesse de transfert	Capacité de mémoire
	milliers de \$ par M.I.P.S.	milliers de \$ par mégaoctet	milliers de \$ par mégaoctet /sec.	milliers de \$ par mégaoctet
1972	1884	501	75	188
1973	2293	404	80	178
1974	1906	332	59	150
1975	1827	283	52	133
1976	1821	285	52	90
1977	1385	154	58	60
1978	771	97	62	50
1979	661	80	50	39
1980	419	41	40	34
1981	394	24	40	34
1982	288	26	43	36
1983	264	25	37	23
1984	220	25	35	21

L'intérêt de ce tableau n'est pas d'illustrer les baisses des prix implicites, ce qui est le rôle des indices, mais de permettre des comparaisons utiles. Par exemple, le prix de la vitesse de calcul estimé pour les unités centrales retenues dans l'étude est près de *cent fois* supérieur, en 1984, à celui qui correspondait, à la même date, aux microprocesseurs récents de 16 bits. Un tel écart suffit à éclairer le rôle des micro-ordinateurs (exclus de l'étude de l'I.B.M.) dans l'évolution actuelle de l'informatique.

Ce serait donc une erreur de considérer les prix implicites comme de simples sous-produits de l'élaboration d'indices de prix plus pertinents que les indices traditionnels : on peut au contraire voir en eux l'amorce de développements nouveaux dans la théorie de la valeur et dans les applications de l'économétrie. Chamberlin avait depuis longtemps insisté sur le fait que la nature même des produits était une variable des stratégies économiques et non une simple source de difficultés dans le calcul des indices de prix [5].

Le rôle du nouvel indice dans la révision des comptes

L'article du « Survey of Current Business » présentant les comptes révisés, en octobre 1985, avait souligné l'importance de l'adoption d'un nouvel indice du prix des ordinateurs :

« Pris isolément, l'effet de l'utilisation du nouvel indice de prix serait d'accroître très substantiellement le niveau et les variations de l'équipement durable des producteurs, en dollars de 1972, pour les années les plus récentes, et d'augmenter modérément le niveau et les variations du Produit National Brut, en dollars de 1972, pour les deux ou trois dernières années. Cependant, il faut noter

que l'effet combiné du nouvel indice de prix et du changement de la période de base sera de réduire les modifications, à la fois de l'équipement durable des producteurs et du Produit National Brut, pour la plupart des années ».

De fait, les premières estimations révisées, publiées en décembre 1985, faisaient état d'une *diminution du taux moyen annuel de hausse de l'indice de prix du Produit National Brut*, de 1972 à 1984 : 6,6 % au lieu de 7,3 % en raison du changement de la période de base et de l'introduction d'un nouvel indice de prix pour les ordinateurs,

En décembre 1985, le Survey of Current Business a également publié une « Note sur la révision des équipements durables des producteurs » (P.D.E.). Cette note fait état d'une *diminution du taux de croissance des dépenses d'équipement*, le taux moyen annuel révisé étant de 4,4 % au lieu de 5,6 %, de 1972 à 1984.

Cette baisse résulte de la combinaison de facteurs opposés :

— le changement de la période de base et d'importantes corrections en baisse sur les statistiques d'achats d'ordinateurs ont diminué le taux de croissance,

— l'introduction d'un nouvel indice de prix et des corrections en hausse des statistiques d'achats d'autres équipements l'ont augmenté.

L'influence respective du changement de base et des révisions de données est longuement analysée dans la note du B.E.A. Elle peut être mise en évidence de façon résumée par les tableaux B et C, qui rassemblent les données américaines relatives à la P.D.E. globale, d'une part, et aux seuls achats d'ordinateurs d'autre part.

L'effet de la révision est en effet de porter le taux moyen de croissance des dépenses d'équipement de 5,6 % l'an à 10,4 % *dans la base 1972*. L'utilisation comme déflateur appliqué aux achats d'ordinateurs d'un indice en baisse moyenne de 14 % l'an est évidemment la cause principale, le taux de croissance des achats d'ordinateurs, en termes « réels », passant de 21 % à 35,8 %.

Tableau B
Révision des évaluations d'achats d'équipements durables de production

	Dépenses en milliards de dollars constants		Taux annuel de 1972 à 1984
	en 1972	en 1984	
<i>En dollars de 1972</i>			
Données non révisées	76,8	148,0	+ 5,6 %
Données révisées	78,5	257,6	+10,4 %
<i>En dollars de 1982</i>			
Données non révisées	164,3	265,3	+ 4,0 %
Données révisées	167,5	281,6	+ 4,4 %

Tableau C
Révision des évaluations d'achats d'ordinateurs

	Dépenses en milliards de dollars constants		Taux annuel de 1972 à 1984
	en 1972	en 1984	
<i>En dollars de 1972</i>			
Données non révisées	3,5	34,3	+ 21,0 %
Données révisées	3,5	136,7	+ 35,8 %
<i>En dollars de 1982</i>			
Données non révisées	3,5	14,3	+ 21,0 %
Données révisées	0,9	33,5	+ 35,8 %

Source : « A note on the Revision of Producers' Durable Equipment » Survey of Current Business, December 1985, pp. 16-17.

Mais le changement de base modifie profondément cette description. En dollars de 1982, le taux moyen de croissance des dépenses d'équipement n'est plus, avant révision, que de 4,0 % au lieu de 5,6 %, et l'effet de la révision est seulement de le porter à 4,4 % ; les achats d'ordinateurs en 1984 ont d'ailleurs légèrement diminué en valeur.

La note publiée par le Survey explique ce résultat par le fait que :

« La combinaison de dépenses en dollars constants rapidement croissantes (« quantités »), avec des prix relatifs en baisse, et de dépenses en dollars constants lentement croissantes ou décroissantes, avec des prix relatifs en hausse, a pour résultat un taux de croissance plus faible pour une période de base récente que pour une période de base ancienne ».

La lecture des résultats révisés, dans la nouvelle base des comptes, laisse néanmoins l'impression un peu étrange qu'il ne s'est rien passé. L'incidence de l'adoption du nouvel indice semble avoir disparu. Il en reste seulement des traces dans les comptes rétrospectifs : le taux annuel moyen de croissance des achats d'ordinateurs passe de 21 à 35,8 % et les achats de 1972, en dollars de 1982, baissent de 3,5 milliards à 0,9.

En réalité, il est normal qu'il en soit ainsi : les estimations d'achats en dollars constants sont évidemment plus fiables en dollars de 1982 qu'en dollars de 1972, parce que plus proches, à la fois en valeur numérique et en longueur de procédure, des données de base en dollars courants de 1984, données qui restent, malgré les incertitudes statistiques, l'« observable » économique : des transactions effectives.

La principale conséquence de l'introduction du nouvel indice de prix des ordinateurs est donc d'améliorer la validité des comptes en dollars constants pour les années postérieures à 1982, ce qui semble justifier l'effort accompli.

L'importance des distorsions affectant les achats « à prix constants » d'ordinateurs et par suite les dépenses d'équipements de production, comme

le montrent les tableaux B et C, conduit ainsi à la conclusion, quelque peu triviale, que le besoin de changer de base est d'autant plus urgent que l'évolution technologique est plus rapide.

Mais l'expérience américaine souligne en même temps la fragilité des évaluations à prix constants lorsque les déflateurs utilisés sont affectés par l'évolution qualitative des produits.

Deux conclusions peuvent en être tirées :

— *les comptes à prix constants risquent de conduire à des conclusions erronées dans l'analyse du développement technologique, et par suite en matière de productivité ou de compétitivité,*

— *des erreurs dans le choix des déflateurs risquent de n'être décelées que lorsqu'elles ont conduit à des distorsions graves.*

Il importe donc de rechercher des indicateurs technologiques spécifiques, permettant un diagnostic précoce. L'expérience américaine nous en donne l'occasion.

II — LA PRISE EN COMPTE DE LA TECHNOLOGIE : L'EXEMPLE DE L'INFORMATIQUE

Diverses questions, dans les travaux que nous venons de résumer, méritent un examen plus attentif :

— comment l'erreur initiale a-t-elle pu se produire et durer ?

— a-t-elle eu des suites, notamment sous la forme d'erreurs induites chez les utilisateurs des comptes ?

— quels sont les apports les plus significatifs des études qui ont permis d'aboutir au nouvel indice ?

Les éléments de réponse qui nous paraissent riches d'enseignement portent sur trois problèmes :

— les sources,

— les méthodes,

— les utilisations des comptes.

Les sources

Les sources d'information utilisées par les statisticiens ont joué un rôle déterminant dans l'erreur initiale, comme, *a contrario*, dans les progrès ultérieurs.

C'est après « consultation d'experts industriels » que fut adoptée la « convention » selon laquelle le prix des ordinateurs restait constant en dollars courants, retenue lors de l'élaboration de la base 1972. L'étude de Chow, mettant en évidence, en 1967, une baisse de prix des ordinateurs, à performances constantes et en dollars constants, de 20 % l'an de 1954 à 1965, semble être passée inaperçue [6]. Elle ne faisait pourtant que confirmer l'opinion courante des informaticiens à la fin des années 60 [23].

Mais les affirmations des constructeurs étaient alors contradictoires : les concurrents d'I.B.M. proposaient des matériels aussi performants, ou plus, à des prix inférieurs. I.B.M., par ailleurs en procès avec l'Administration Fédérale, défendait sa position commerciale en niant la réalité de cette baisse du rapport prix-performances [24]. // *semble que les statisticiens, habitués à se fonder sur des questionnaires adressés aux industriels, aient alors accordé trop de confiance à des affirmations qui étaient avant tout l'expression d'une stratégie d'entreprise, et devaient être corrigées par la suite.*

L'influence des conceptions théoriques dominantes les y incitait d'ailleurs. La conviction qu'une amélioration qualitative allait de pair avec une hausse de prix paraissait justifiée par la thèse selon laquelle, d'un point de vue théorique, il est souhaitable d'exclure les améliorations qualitatives qui ne coûtent rien de la mesure de la production réelle de biens d'équipement. Dans une telle optique, seule la majoration des prix peut attirer l'attention sur le fait que la qualité d'un produit a peut-être été améliorée.

L'un des progrès majeurs apportés par le recours, devenu nécessaire, à des méthodes hédonistiques, impliquant la prise en compte systématique des caractéristiques et des prix des produits, est *d'obliger les statisticiens à exploiter le « gisement de données » que constitue l'information industrielle et commerciale* [22]. En même temps, le problème de la qualité des produits, jusqu'ici abordé comme une simple difficulté instrumentale, peut devenir expérimental et théorique [5, 19].

Les auteurs de l'étude d'I.B.M. publiée par le Survey ont insisté sur les difficultés à surmonter dans la collecte et l'utilisation de ces données :

- caractéristiques d'un même matériel variables selon le fournisseur, faute d'une normalisation suffisante,
- prix annoncés différents des prix de vente effectifs.

Ces difficultés sont graves, mais ne sont pas insurmontables. Elles font d'ailleurs partie des problèmes que pose le rôle économique de cette information, problèmes que nous avons évoqués dans des travaux antérieurs [11, 12].

Enfin, une troisième source intervient, elle aussi nouvelle : *l'information scientifique et technique*. Son rôle est beaucoup plus ponctuel, mais est nécessaire dans la mise en œuvre des méthodes hédonistiques, lors du choix des caractéristiques et pour l'interprétation des résultats [18, 26].

Les méthodes

Nous avons déjà exposé les trois problèmes que l'équipe d'I.B.M. a eu à résoudre :

- le choix du niveau d'agrégation
- le choix des caractéristiques
- la prise en compte de « générations » de matériels en succession rapide.

Ces trois problèmes sont caractéristiques de la technologie. Celle-ci se traduit en effet par la *différenciation des produits* [5] et par le *développement*

de systèmes techniques [17]. La différenciation des produits a pour corollaire un nombre croissant des caractéristiques nécessaires pour identifier et décrire ces produits, du double point de vue structurel et fonctionnel ; ces caractéristiques sont le langage des catalogues et des cahiers de charges [14]. Chaque système technique se traduit par un ensemble de plus en plus dense de relations entre ces caractéristiques, exprimant les contraintes de compatibilité entre composants et l'interdépendance entre la qualité et les performances de ces composants et celles des ensembles qu'ils forment. Les calculs économiques qui portent sur la conception ou l'utilisation d'un système ou d'un sous-système prennent en compte ces relations techniques, à chaque niveau de complexité. La difficulté de mise en œuvre des méthodes hédonistiques en résulte.

Dans le cas des ordinateurs, la rapidité du processus technologique a eu deux conséquences :

— *un ordinateur est un produit, mais n'est pas une machine ; c'est seulement un composant d'un système informatique ; chaque combinaison d'un ordinateur, d'un logiciel d'exploitation et d'un logiciel d'application constitue une machine distincte, capable d'effectuer une certaine tâche en un certain temps* (ceci dès le cas simple d'un monoprocesseur).

— le nombre de caractéristiques descriptives nécessaires à la description des divers composants et des systèmes qu'ils forment a augmenté trop vite pour que leur définition et leur mesure soient satisfaisantes. En particulier, *il est extrêmement difficile de décrire les fonctions et de quantifier les performances de ces « composants de machines » que sont les logiciels* [8]. Or ce sont eux qui se multiplient et évoluent le plus vite [21].

Il en résulte que l'évaluation des « performances d'un ordinateur » n'est pas un problème insoluble, mais un problème dont la solution est indéterminée et fait intervenir un grand nombre de variables. La « *métrologie informatique* », discipline récente et en développement rapide, *permet, d'une part, des optimisations approximatives, cas par cas, de systèmes informatiques dont le cahier des charges est suffisamment défini et développe, d'autre part, des instruments de mesure sous la forme de « bancs d'essais »* (bench-marks) [25]. C'est ainsi, par exemple, que l'on peut mesurer approximativement le temps, et par suite le coût de l'inversion d'une matrice de rang donné [10]. C'est évidemment beaucoup plus difficile en matière de gestion que de calcul scientifique.

Cet état d'avancement de la métrologie informatique explique le choix par l'équipe d'I.B.M. du niveau intermédiaire qui est celui des matériels informatiques, tout en faisant état des travaux en cours plus avancés. Le choix des caractéristiques en est, pour une part, la conséquence.

Le problème des générations successives fait apparaître un autre élément important : les brusques mutations affectant, à des dates différentes, les divers matériels sont en fait dues à un facteur unique : les progrès rapides des performances des microprocesseurs. Ces progrès sont mesurables en termes de nombre de composants ou de quantité d'information par unité de surface. Or ils ont fait l'objet de publications dans la presse technique spécialisée

plusieurs années avant l'apparition sur le marché de matériels les incorporant [1]. *On peut donc observer et suivre des indicateurs précoces de l'évolution technologiques, grâce aux données que contient l'information scientifique et technique* [4J.

Les utilisations des comptes

Nous avons souligné au passage que les conséquences du changements d'indice sur les comptes révisés étaient peu apparentes, le changement de base les reportant sur des comptes rétrospectifs dont l'importance, pour les utilisateurs, est probablement plus limitée.

Certes, un économiste, qui chercherait à suivre en termes réels l'évolution de la part des ordinateurs dans les équipements des entreprises, et qui trouverait, selon la base utilisée, des pourcentages variant de 4,4 % en 1972 à 53,1 % en 1984 ou de 0,5 % en 1972 à 11,9 % en 1984 pourrait être déconcerté.

Mais ce n'est qu'une hypothèse d'école. Les ordinateurs ne sont isolés qu'au niveau de comptes détaillés et leurs acquisitions en dollars constants sont surtout intéressantes en parts de marché et en tendances à court terme. Les études structurelles et de long terme sur une industrie dont nous venons de montrer la complexité ne peuvent être que sectorielles, et utiliser des données plus détaillées, qui ne sont plus celles de comptes. On peut, en revanche, s'interroger sur certaines statistiques de parc où les catégories d'ordinateurs sont définies par des prix...

Les travaux du B.E.A. *dans ce domaine* répondent donc, semble-t-il, davantage à un souci interne de fiabilité des comptes qu'à une demande externe.

Cela nous ramène à la conclusion, déjà formulée, *d'une inadaptation foncière de la comptabilité nationale à rendre compte de la technologie*. La question se pose alors des concepts et des raisonnements économiques en jeu dans les décisions concernant celle-ci.

Au niveau microéconomique, ces décisions font intervenir la même rationalité que le comportement de l'acheteur industrie!, décrit au début de cette étude : elles s'analysent en termes de rapports prix-performances.

Au niveau macroéconomique, ces décisions vont être influencés par des conceptions plus générales. *Selon la théorie « classique », l'effet du progrès technique est que la même production puisse être obtenue avec moins de facteurs de production* ; cette conception se retrouve dans la logique de la comptabilité nationale. *D'autres pensent, au contraire, que le principal effet du progrès technique est que la production ne soit plus la même* [5] ; c'est en accord avec la rationalité microéconomique qui précède, mais se traduit mal en comptabilité nationale.

Les deux conceptions ayant déjà inspiré, ici ou là, des stratégies très différentes de recherche de la compétitivité, une synthèse serait sans doute souhaitable. Elle semble s'amorcer, notamment autour des travaux de Lancaster [19], mais ceux-ci restent inscrits dans la problématique classique du comportement du consommateur, au lieu de celle, plus limitée mais plus

précise, du comportement de l'acheteur industriel. Il s'agit là d'un changement de paradigme, dont nous avons récemment essayé de montrer l'importance [14].

III — CONCLUSION

Le rôle croissant de la technologie et les lacunes actuelles de la comptabilité nationale à son égard ont donc deux conséquences :

— l'une, d'ordre interne, est le risque d'une dégradation de la pertinence des comptes,

— l'autre, d'ordre externe, est le risque d'une inadaptation croissante des comptes aux problèmes modernes du développement économique.

Même si ces risques peuvent ne pas sembler très graves dans l'immédiat, il paraît souhaitable de les éviter à terme. Deux types de travaux devraient le permettre.

D'une part, développer les applications de méthodes hédonistiques. Elles sont trop rares dans le domaine des biens d'équipement, si l'on excepte le cas, très particulier, de l'indice du coût de la construction. *Or de graves difficultés risquent d'être rencontrées* : non en ce qui concerne les méthodes, mais *en ce qui concerne les sources*. L'information industrielle et commerciale, dont l'importance n'a été reconnue en France que récemment [9], est beaucoup moins développée et beaucoup moins homogène que dans d'autres pays, notamment aux Etats-Unis : il existe très peu de catalogues collectifs, les normes sont rares, et surtout les prix n'apparaissent presque jamais. En outre, *il n'existe pratiquement pas d'archives* qui permettraient de constituer les séries indispensables. La constitution des fichiers de données qui seront tôt ou tard nécessaires [11] est donc une opération de longue haleine, ce qui fait son urgence. Elle ne peut être entreprise que dans des secteurs très restreints dont le choix devrait, logiquement, être fonction de la présence d'une forte évolution technologique.

D'autre part, élaborer des *indicateurs qui permettent d'observer et si possible de prévoir une accélération ou un ralentissement de l'évolution technologique d'un secteur* et d'étudier les effets de propagation d'une mutation d'un secteur à un autre [15]. Le suivi d'un nombre suffisant de caractéristiques chiffrées, mesurant les performances ou la qualité de produits ou de procédés pourrait le permettre. C'est l'un des buts de l'étude en cours d'un projet de banque de données, dont une maquette est en préparation.

Après du système traditionnel de statistique industrielle, comportant l'observation des quantités et des prix des produits, on peut ainsi prévoir le développement progressif d'un second système d'information, complémentaire du premier et assurant le suivi de l'évolution des caractéristiques techniques des biens et des prix implicites correspondants.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ADCOCK W.A. : Circuits intégrés complexes, *L'onde électrique*, 1975, vol. 55 rt° 4 (pp. 209-213).
- [2] ARKHIPOFF O. : « Sobre algunos paradigmas de la ciencia economica » — *Information Comereial Espanola, Revista de Economia*, n° 634 junio 1986 (pp. 9 à 19). Ministerio de Economia y Hacienda, Madrid 1986.
- [3] ARKHIPOFF Oleg, « L'économie nationale, un au-delà des Sciences de la gestion ? » in *I.S.E.O.R., « Méthodologies fondamentales en gestion — L'implicite et le normatif dans les modèles »*, Fondation Nationale pour l'Enseignement de la Gestion (pp. 210 à 224), Paris 1986.
- [4] AYRES Robert U. : *Technological forecasting and long-range planning*. Me Graw-Hill Book Company, New York 1969.
- [5] CHAMBERLIN Edward H. : « The Product as an Economie Variable » in *The Quarterly Journal of Economies*, vol. LXVII February 1953 n° 1 (pp. 1-29).
- [6] CHOW Gregory C. : « Technological Change and the Demand for Computers », *American Economie Review* 57, (december 1967) : 1117-1120.
- [7] COLE R., CHEN Y.C., BARQUIN-STOLLEMAN J., DULBERGER E., HEL VACIAN D., HODJE J.H. : Quality-Adjusted Price Indexes for Computer Processors and Selected Peripheral Equipment, *Survey of Current Business*, january 1986.
- [8] Commissariat Général du Plan, *Investissement non matériel et croissance industrielle. Préparation du IX' Plan 1984-1988* — Ed. La Documentation Française, Paris 1982.
- [9] DELORME Jacques, CLIMENT Philippe et LAHAY Patrick, *Propositions pour la mise en valeur de l'offre française de biens et services et le développement d'un secteur de l'information industrielle et commerciale*. Rapport de la mission Parlementaire de M. le Député Claude Germon, Paris, novembre 1985.
- [10] DONGARRA Jack J. : « Performances comparées de 80 ordinateurs sur des programmes Fortran », in *Technique et Science Informatique*, mai 1984, AFCET-Bordas.
- [11] DUPRAT Henri : « Rôle économique et problèmes documentaires du catalogage industriel » in *Courrier des Statistiques* n° 12, octobre 1979, Paris.
- [12] DUPRAT Henri : « La segmentation des marchés de l'information industrielle » in *Courrier des Statistiques*, n° 22, avril 1982, Paris.
- [13] DUPRAT Henri : *Un problème métrologique en théorie économique* (exposé présenté au Séminaire-Recherche de l'I.N.S.E.E., le 13 mai 1985), non publié.
- [14] DUPRAT Henri : « La différenciation des produits et le changement du paradigme du choix », Contribution au Colloque *La notion de révolution scientifique en économie*, organisé à Montpellier par l'Association Charles Gide, 27-28 septembre 1985 (A paraître sous le titre « vers une théorie de la valeur d'usage », dans le Journal de la Société de statistique de Paris, n° 4, 1987, Paris).
- [15] DUPRAT Henri : Prévion et évaluation technologiques : quelles statistiques ?, *Courrier des Statistiques* n° 36, octobre 1985.
- [16] DUPRAT Henri, « Comptabilité nationale et métrologie » in *Etudes de Comptabilité Nationale*, Economica, Paris, 1986, (pp. 57-66).
- [17] GILLE Bertrand : « *Histoire des Techniques* », Encyclopédie de la Pléiade — Ed. Gallimard, 1978, Paris.
- [18] GRILICHES Zvi, Editeur, *Price indexes and Quality Change — Studies in New Methods of Measurement*, Harvard Univcrsity Press, Cambridge, Massachusetts 1971.

- [19] LANCASTER Kelvin J. : *Variety, Equity and Efficiency — Product Variety in an Industrial Society*, Columbia University Press, New York 1979.
- [20] MANSFIELD Edwin : *The Economies of Technological Change*, W.W. Norton and Company New York — 1968.
- [21] O.C.D.E. : « *Les logiciels : émergence d'une industrie* », Série P.I.I.C., n° 9, O.C.D.E.. Paris 1985.
- [22] PIATIER André. DUPRAT Henri et MINDER Jean-François, « Innovation et technologie » (Rapport de groupe de travail) in *Courrier des Statistiques, Spécial Moyen terme*, n° 34, avril 1985, Paris.
- [23] RAYMOND F.H., *Les principes des ordinateurs*, Presses Universitaires de France, Paris, 1969.
- [24] SOMA John T. : *The Computer Industry*, Lexington Books, D.C. Heath and Co. Lexington -Toronto, 1976.
- [25] SVOBODOVA I.lila : *Computer Performance Measurement and Evaluation Methods : Analysis and Applications*, America Elsevier Publishing Company, New-York, 1976.
- [26] TRIPLETT Jack E. : The Economic Interpretation of Hedonic Methods, *Survey of Current Business*, January 1986, pp. 36-40.

Fermer cette fenêtre pour revenir au Sommaire