



N° 187 — Jeudi 1<sup>er</sup> juillet 1999

### UNE TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE AUX ÉTATS-UNIS ?

L'économie américaine est confrontée aujourd'hui à deux paradoxes : pourquoi l'inflation est-elle si modérée alors que la croissance est forte ? Pourquoi les gains de productivité du travail ne sont-ils pas plus élevés alors que les entreprises américaines, depuis maintenant une vingtaine d'années, investissent massivement dans les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) ? Deux thèses s'affrontent. Selon la thèse du *New Age*, une troisième révolution industrielle est en cours aux États-Unis. Les limites de la croissance seraient repoussées, ce qui expliquerait la faiblesse de l'inflation. Si l'on n'en voit pas la trace dans les statistiques agrégées de productivité, c'est à cause des délais d'apprentissage et de diffusion inhérents à l'apparition de nouvelles technologies, et en raison de l'incapacité du système statistique à mesurer correctement la production de nouveaux biens et services. Selon la thèse traditionnelle, la faiblesse de l'inflation tient à la combinaison de facteurs favorables temporaires (désinflation importée, baisse du prix des matières premières, baisse du prix de la santé) qui masquent les effets des tensions sur le marché du travail sur les prix. Des facteurs plus durables (concurrence accrue, anticipations d'inflation plus basses) joueraient néanmoins également<sup>(1)</sup>. Le dynamisme récent des gains de productivité contribue aussi à la modération de l'inflation, mais est-il durable ? S'il résulte uniquement du profil inhabituel du cycle actuel<sup>(2)</sup>, le paradoxe de la productivité reste entier, et la thèse du *New Age* se révélera vite sans fondement. Si, au contraire, comme le suggère une simulation du *Council of Economic Advisors*<sup>(3)</sup>, une rupture récente mais réelle de la productivité s'est produite, les partisans du *New Age* auraient raison d'être optimistes.

La question reste ouverte aujourd'hui. L'objet de cet article est de préciser ce que l'on entend par paradoxe de la productivité. La première partie est consacrée aux grandes caractéristiques de la troisième révolution industrielle afin de mieux comprendre pourquoi les investissements en NTIC devraient induire de forts gains

de productivité. La deuxième partie fait un bilan des explications de ce paradoxe. La troisième partie présente une analyse sectorielle des gains de productivité, en distinguant secteurs-producteurs d'ordinateurs et secteurs-utilisateurs, et met en évidence l'impact de la révolution informatique sur les secteurs les plus impliqués.

#### Vers la troisième révolution industrielle ?

Un discours récent d'Alan Greenspan décrit ainsi la troisième révolution industrielle<sup>(4)</sup> :

*« Les synergies qui se sont développées entre, principalement, les micro-processeurs, la technologie du laser et des fibres optiques et les communications par satellite, ont considérablement augmenté le rendement potentiel des nouveaux investissements en télécommunications, et plus largement, des nombreux investissements qui contiennent ou utilisent ces NTIC. [...] Les dernières innovations en NTIC ont commencé de modifier la manière dont on travaille et crée de la valeur, souvent dans une proportion inimaginable il y a cinq ans. [...] Les entreprises ont ainsi pu substituer de manière beaucoup plus productive qu'il y a dix ou vingt ans le capital au travail. [...] Ce comportement est en opposition avec ce qui se passait dans les années 1970 et 1980, au cours desquelles les entreprises trouvaient plus facile et plus profitable de se protéger contre la progression des coûts salariaux nominaux en augmentant leurs prix plutôt qu'au travers d'investissements visant à réduire directement les coûts de production ».*

C'est cette réduction de coûts qui, en stimulant la substitution du capital au travail et donc en augmentant l'intensité capitaliste, est source de gains de productivité horaire du travail. Alan Greenspan s'empresse néanmoins de préciser que ces changements ne sont pas synonymes d'une nouvelle ère, mais constituent une évolution structurelle similaire à celles auxquelles l'économie américaine a déjà été confrontée par le passé.

(1) Hélène Baudchon, 1998 : « La faiblesse de l'inflation aux États-Unis : phénomène durable ou temporaire ? », *Lettre de l'OFCE*, n° 177, juillet.

(2) Susan C. Lakatos et Jason Benderly, 1999 : « S&P earnings, corporate profits and productivity », *Business Economics*, volume XXXIV, n° 2, avril.

(3) *Economic Report of the President*, février 1999, pp. 86-87.

(4) Remarks by Alan Greenspan, Chairman Board of Governors of the Federal Reserve System, at the 35<sup>th</sup> Annual Conference on Bank Structure and Competition of the Federal Reserve Bank of Chicago, 6 mai 1999.

Si troisième révolution industrielle il y a, elle est fondée sur le rôle de l'information. Les NTIC procurent une grande fluidité à la circulation de l'information tout au long de la chaîne de production, permettant une meilleure adaptation de l'offre à la demande. C'est pour préparer cette restructuration fondamentale des modes d'organisation industrielle que les entreprises investissent massivement dans les NTIC. Les réseaux de communication mis en place grâce aux NTIC, et l'internet en particulier, rendent possible la coordination en temps réel des activités des différents pôles de décision d'une entreprise. Les canaux intermédiaires de production et de distribution sont supprimés, impliquant un développement parallèle intense des structures de logistique. Les effectifs nécessaires et les coûts inhérents à cette coordination sont donc considérablement réduits, libérant du temps et de l'argent pour des activités plus productives.

Les coûts d'achat sont réduits grâce à une meilleure gestion des fournisseurs. Les coûts de production sont abaissés grâce à la réduction des temps de cycle, à la meilleure planification de la production, à la rationalisation de la logistique et des stocks. La meilleure gestion des fournisseurs évite à l'entreprise de stocker pour se prémunir contre les retards et les erreurs. Son temps de réaction aux variations de la demande en est amélioré (ce que reflète la baisse régulière, au cours du cycle actuel, du ratio stocks/ventes). Ses propres délais de livraison sont réduits (la remarquable stabilité de cet indicateur au cours du cycle actuel en est la preuve). Réduire le niveau des stocks permet une utilisation plus efficace des capacités de production (ce qui entraîne une productivité du capital accrue et des taux d'utilisation des capacités peu élevés malgré le dynamisme de l'activité) et donc des économies d'investissement en bâtiments et en équipements industriels (tableau 1). Enfin, les coûts de *marketing* sont réduits car on peut atteindre des clients nouveaux et traiter les clients existants plus efficacement et à plus grande échelle.

### Trois explications du paradoxe de la productivité

Solow, dès 1987, a mis en évidence le paradoxe de la productivité en soulignant la prolifération des ordinateurs partout sauf dans les statistiques de productivité<sup>(5)</sup>. Le découpage par cycles d'activité montre que la progression de la part des investissements en NTIC dans la FBCF productive s'est faite en deux sauts : le premier date des années 1980 avec l'utilisation croissante des ordinateurs personnels ; le second des années 1990 avec la diffusion de l'internet (tableau 1). Les investissements en technologies de l'information représentent ainsi aujourd'hui presque 30 % de l'investissement productif et un peu plus de 3 % du PIB, contre moins de 3 % de l'investissement productif dans les années 1960 et une part négligeable dans le PIB. Pourtant, dans le secteur des entreprises non agricoles, les gains de productivité restent deux bons points en deçà des gains des années 1960. Les gains de productivité du secteur manufacturier sont, eux, supérieurs d'un point, laissant envisager un impact réel de ces investissements, mais pour le moment limité à ce secteur. On trouve trois catégories d'explications à ce paradoxe.

### 1. Gains de productivité horaire du travail et investissement au cours de différents cycles

En %	Cycle 60	Cycle 70	Cycle 80	Cycle 90
<b>Gains de productivité</b>				
Taux de croissance annuel moyen				
Secteur manufacturier	2,8	2,7	2,9	3,9
Secteur non agricole	3,1	1,7	1,2	1,7
<b>Investissement</b>				
Part dans la FBCF productive				
Bâtiments	54,4	43,0	38,8	26,5
NTIC	2,6	5,7	15,7	29,3
(part dans le PIB)	(0,2)	(0,5)	(1,6)	(3,2)
Equipements industriels	25,9	23,6	17,4	15,5

La datation des cycles est faite ici de creux à pic d'activité. Cycle 60 = T1 1961 — T4 1969 ; cycle 70 = T4 1970 — T1 1980 ; cycle 80 = T3 1980 — T3 1990 ; cycle 90 = T1 1991 — T1 1999 (dernier point connu). Les cycles des années 1970 et 1980 regroupent, par commodité, les deux cycles normalement distingués.

Sources : *Department of Commerce*, calculs OFCE.

Les premières évoquent des difficultés de mesure. La différence de rythmes entre le secteur agrégé et le secteur manufacturier provient d'une piètre performance dans le secteur des activités de services. La faiblesse de la croissance de la productivité dans ce secteur tient peut-être à l'inadéquation des conventions de mesures de la production de ce secteur. A l'échelle sectorielle, ce problème est d'importance dans la mesure où les plus gros utilisateurs de NTIC (comme les services financiers, le commerce de gros, l'assurance et les communications) appartiennent tous à ce secteur. A l'échelle agrégée, il perd de son importance dans la mesure où une grande partie de leur production est intermédiaire et non finale, et donc éliminée dans les statistiques agrégées. Malgré leurs progrès, les comptes nationaux ont du mal à traiter correctement les biens dont la qualité, la diversité et l'utilité s'améliorent constamment<sup>(6)</sup>.

La deuxième explication reconnaît que les NTIC ont finalement une faible productivité. Pour donner toute son efficacité, l'introduction des NTIC nécessite un bouleversement complet des processus de production et d'importants investissements complémentaires en termes de formation. Plus l'organisation est intégrée, plus les problèmes de maintenance et de gestion des pannes deviennent une activité importante<sup>(7)</sup>. Du fait de la nature même des investissements, leur rentabilité devient difficile à évaluer. Les entreprises peuvent sous-estimer ces coûts et procéder à une mauvaise allocation de leurs ressources en investissant trop pour un rendement insuffisant, ne stimulant finalement aucun gain de productivité globale. A ces difficultés s'ajoutent les délais d'apprentissage et de diffusion inhérents à l'apparition de nouvelles technologies. Celles-ci ne prennent toute leur efficacité que lorsqu'elles sont totalement répandues chez les clients et les fournisseurs. Ce qui pose des questions délicates de compatibilité, de normes, etc. L'ordinateur et la dynamo étant tous les deux le noyau d'un réseau de transmission, David (1990), met en évidence, par une comparaison entre

(5) Robert M. Solow, 1987 : « We'd better watch out », *New York Times Book Review*, 12 juillet.

(6) Voir les trois articles du dossier « Measuring productivity », *Monthly Labor Review*, février 1999.

(7) Yves Lasfargue, 1999 : « Quand le progrès, c'est l'exclusion », *Le Monde*, 24 mars.

2. Gains de productivité horaire du travail entre 1988 et 1996 dans les industries de NTIC<sup>(1)</sup>  
et certaines industries traditionnelles

En moyenne par an, en %

<i>Hardware</i>		<i>Software et services</i>	
Ordinateurs et équipement	19,2 <sup>(2)</sup>	Développement informatique	n.d.
Commerce de gros d'ordinateurs et équipement	n.d. <sup>(3)</sup>	Logiciels prêts à l'emploi	n.d.
Commerce de détail d'ordinateurs et équipement	22,6 <sup>(4)</sup>	Commerce de gros des logiciels	n.d.
Autres matériels bureautiques	7,4 <sup>(2)</sup>	Commerce de détail des logiciels	22,6 <sup>(4)</sup>
Supports de stockage d'information	6,8	Conception de systèmes de gestion intégrés	n.d.
Tubes électroniques	12,7 <sup>(2)</sup>	Préparation, saisie, traitement des données	n.d.
Circuits imprimés	7,7 <sup>(2)</sup>	Extraction de données	n.d.
Semi-conducteurs	39,8 <sup>(2)</sup>	Sous-traitance de traitements informatiques	n.d.
Autres composants électroniques	1,6	Location et <i>leasing</i> d'ordinateurs	n.d.
Instruments de mesure	1,6	Maintenance et réparation d'ordinateurs	n.d.
Instruments de mesure de l'électricité	7,1	Autres services	n.d.
Instruments d'analyse en laboratoire	5,6		
<b>Equipements de communication</b>		<b>Services de communication</b>	
Equipements audio et vidéo à domicile	7,3 <sup>(2)</sup>	Communications téléphonique et télégraphiques	4,9 <sup>(4)</sup>
Equipements téléphonique et télégraphique	8,9 <sup>(2)</sup>	Radio	3,3 <sup>(4)</sup>
Equipements de communication, radio et télévision	7,2	Télévision	- 1,4 <sup>(4)</sup>
		Câble et autres services payants de télévision	- 1,7 <sup>(4)</sup>
<b>Industries traditionnelles</b>			
Raffinage de pétrole	4,0	Automobiles et équipements automobiles	0,5
Pharmacie	1,4	Aéronautique	1,4
Métallurgie	1,6	Grands magasins	2,4 <sup>(4)</sup>
Machines-outils	2,3	Restauration	- 0,7 <sup>(4)</sup>

(1) Une industrie est considérée comme NTIC si elle produit, traite ou transmet des biens et services d'information, soit comme production intermédiaire soit comme production finale à des fins de consommation, d'investissement, d'achats publics et d'exportations, ou bien lorsqu'elle fournit l'infrastructure nécessaire au fonctionnement de l'internet.

(2) Ces données, jugées insuffisamment fiables, ne sont pas publiées officiellement par le BLS. Elles sont néanmoins disponibles sur demande.

(3) Données non disponibles.

(4) 1988-1997.

Sources : *The emerging digital economy* (1998), Bureau of Labor Statistics.

ces deux révolutions, que, si la diffusion large de l'électricité a pris une trentaine d'années, il en sera de même pour l'ordinateur<sup>(8)</sup>. Aujourd'hui, toutefois, les implications des NTIC en matière de réorganisation des modes de production semblent déjà assez bien répertoriées : selon un rapport du Département du Commerce (1998)<sup>(9)</sup>, la révolution numérique s'installe beaucoup plus rapidement que la révolution électrique, favorisée par un faible coût d'accès à la technologie et par son impact sur pratiquement toutes les activités et branches de l'industrie. Les externalités positives sont nombreuses, mais elles mettent du temps à se matérialiser, induisant un décalage entre rendement privé et rendement social.

Un troisième argument est que, malgré leur forte croissance, les ordinateurs ne représentent encore qu'une faible part du stock net de capital (moins de 2 %). Aussi, supposant que les investissements en ordinateurs ont le même rendement net que les autres catégories d'investissement, Sichel (1997) montre que la contribution de ce facteur de production à la croissance ne peut qu'être modeste<sup>(10)</sup>. Calculée sur la base d'un taux de croissance du PIB net de l'amortissement, afin de tenir compte de l'obsolescence rapide du matériel informatique, la contribution est même réduite de moitié (0,06 point par an

au lieu de 0,15 sur 1987-1993). L'actualisation des calculs sur 1996-1998 accroît significativement la contribution<sup>(11)</sup>, mais explique toujours à peine un dixième de la croissance (0,35 point de contribution sur 4,2 % de croissance brute). Dans l'absolu, ces chiffres sont faibles, mais relativement à la faible part des ordinateurs dans le stock total, ils ne sont pas si mauvais grâce au taux de croissance élevé du stock net d'ordinateurs.

### Le renouveau de l'industrie américaine : une approche sectorielle

Compte tenu de la complexité des phénomènes en cours, il n'est pas étonnant que les investissements en NTIC n'aient pas encore généré des gains de productivité significativement plus élevés que les gains tendanciels. Pourquoi parle-t-on alors d'un renouveau de l'industrie américaine ? Parce que les industries directement liées aux NTIC ont pris une importance croissante dans l'économie américaine et parce que, pour ces industries, les premiers effets de la révolution numérique se sont déjà fait sentir, ainsi que l'atteste le niveau plus élevé des gains de productivité dans les industries de NTIC par rapport aux secteurs manufacturiers traditionnels (tableau 2).

En 1990<sup>(12)</sup>, la contribution à la croissance nominale des industries de NTIC était proportionnelle à leur part dans l'économie (à savoir 6 %). En 1998, elles ont contribué à

(8) Paul A. David, 1990 : « The dynamo and the computer : an historical perspective on the modern productivity paradox », *The American Economic Review - Papers & Proceedings*, mai.

(9) US Department of Commerce, 1998 : *The emerging digital economy*, avril.

(10) Daniel E. Sichel, 1997 : *The computer revolution : an economic perspective*, Brookings Institution Press.

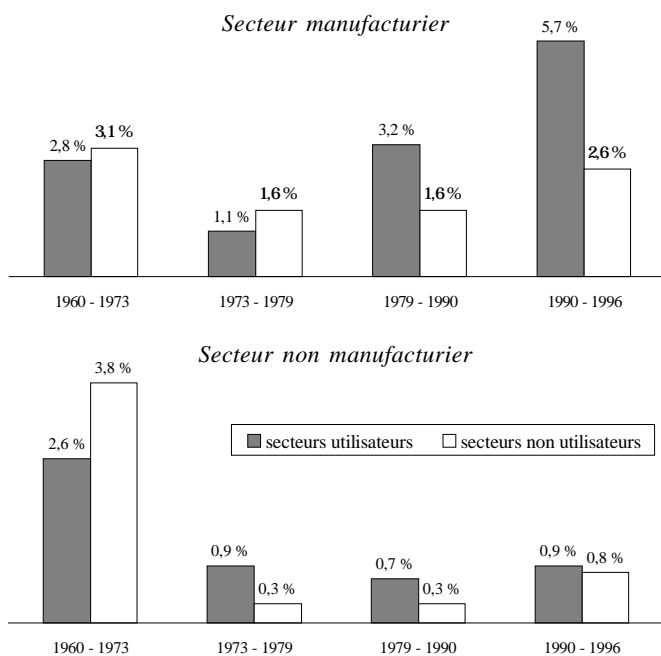
(11) Daniel E. Sichel, 1999 : « Computers and aggregate economic growth : an update », *Business Economics*, volume XXXIV, n° 2, avril.

(12) Ces chiffres sont tirés du rapport : *The emerging digital economy*.

hauteur de presque 15 % à la croissance nominale alors qu'elles représentaient un peu plus de 8 % de l'économie. Leur contribution à la croissance réelle est encore plus élevée : sur les années récentes, elle explique en moyenne un quart de la croissance. Leur contribution à la modération de l'inflation est également significative : sans la baisse des prix des NTIC, l'inflation aurait été, en 1997, d'un point supérieure (soit 3,1 % au lieu de 2 %). De plus, la disponibilité de l'information au niveau même du client, caractéristique essentielle de la révolution numérique, pousse également les prix à la baisse.

La relative stabilité de l'emploi dans les industries de NTIC (qui représente depuis une quinzaine d'années environ 5 % de l'emploi total) découle de changements fondamentaux qui se sont opérés entre les branches. Les producteurs d'ordinateurs et d'équipements de communication ont perdu des emplois avec la concurrence internationale, la rationalisation et l'automatisation des processus de production, dues aux évolutions technologiques qui ont fait de ces branches de grandes utilisatrices de leurs propres produits<sup>(13)</sup>. De plus, le commerce de gros assume de plus en plus souvent la partie assemblage. Cette marginalisation du marché du matériel informatique au profit des logiciels, et le développement de la sous-traitance se reflètent dans l'augmentation de l'emploi dans les industries prestataires de services de maintenance et autres supports<sup>(14)</sup>.

### 1. Gains de productivité du travail dans les secteurs utilisateurs et non utilisateurs d'informatique de bureau (taux de croissance annuel moyen)



Source : McGuckin-Stiroh, 1998 : « Computers, productivity and growth », *Economic Research Report, The Conference Board*, avril.

(13) Jacqueline Wamke, 1996 : « Computer manufacturing : change and competition », *Monthly Labor Review*, août.

(14) William C. Goodman, 1996 : « Software, engineering industries : threatened by technological change ? », *Monthly Labor Review*, août.

(15) Kevin J. Stiroh, 1998 : « Computers, productivity and input substitution », *The Economic Inquiry*, avril.

(16) George Anders et Scott Thurm, 1999 : « High-tech investments pay off for American companies in the marketplace », *The Wall Street Journal Europe*, 31 mars.

(17) Michael Dertouzos et alii, 1989 : *Made in America*, InterEditions.

Selon Stiroh (1998)<sup>(15)</sup>, l'accélération, à partir des années 1980, de la croissance de la productivité des facteurs dans le secteur producteur d'ordinateurs résulte bien des évolutions technologiques sous-jacentes à la révolution informatique. Une telle accélération ne ressort pas pour les huit secteurs répertoriés comme de gros utilisateurs d'informatique de bureau (imprimerie et presse ; verre et matériaux de construction ; matériels mécaniques et électroniques ; matériels électriques ; instruments de mesure ; commerce ; finance, assurance et immobilier ; autres services). Pour ces secteurs, la révolution informatique a stimulé une substitution du facteur de production « ordinateurs » aux autres facteurs de production, et donc une augmentation de la productivité du travail. Pour les secteurs utilisateurs du secteur manufacturier, l'accélération des gains de productivité est importante (graphique 1). Pour les secteurs utilisateurs du secteur non-manufacturier (qui utilisent près de 80 % du matériel informatique en service), c'est moins frappant, mais cela tient vraisemblablement aux problèmes de mesure de la production de ces secteurs.

De nombreux indices amènent donc à penser que la troisième révolution industrielle a commencé. Les investissements en NTIC jouent déjà un rôle important dans des secteurs, qui représentaient, en 1991, les deux tiers de la valeur ajoutée du secteur privé. Pour le tiers restant, la troisième révolution industrielle n'est néanmoins pas totalement absente. Des applications sont partout possibles, comme dans la raffinerie, l'automobile, la pharmacie, le BTP ou le commerce de détail, et débouchent sur des gains de productivité significatifs mais très localisés<sup>(16)</sup>. Il y a dix ans, réagissant aux problèmes de compétitivité de l'industrie américaine, le rapport *Made in America*<sup>(17)</sup> soulignait l'archaïsme des stratégies américaines, le « courttermisme » des entrepreneurs et surtout leur perte de *leadership*. Ces reproches ne sont plus de mise comme en témoigne le dynamisme des gains de productivité dans le secteur manufacturier. Dans ce secteur, le *New Age* existe peut-être déjà.

Hélène BAUDCHON

Département analyse et prévision

#### Revue de l'OFCE, n° 70

à paraître début juillet 1999

La possibilité du choix social,  
conférence Nobel d'Amartya Sen

Diversité des fiscalités européennes  
et risques de concurrence fiscale

La politique monétaire sans monnaie

L'hypothèse de bulle immobilière

Variantes et simulations du modèle MOSAÏQUE

Le débat sur les retraites en France