

LA CONTRIBUTION DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DES COMMUNICATIONS A LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE DANS NEUF PAYS DE L'OCDE

Alessandra Colecchia et Paul Schreyer

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	166
Cadre d'analyse.....	167
Comptabilisation de la contribution des TIC à la croissance de la production.....	167
Mesure du volume des services du capital.....	168
Mesure du prix des services du capital.....	169
Données	170
Investissement aux prix courants.....	170
Indices de prix.....	174
Résultats.....	176
Investissement en TIC.....	176
Contribution du capital TIC à la croissance de la production.....	179
Conclusions.....	182
Bibliographie.....	185

Direction de la science, de la technologie et de l'industrie et Direction des statistiques de l'OCDE, respectivement. Une première version (Colecchia 2001) a été élaborée dans le cadre du projet de l'OCDE sur la croissance. Ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide des instituts nationaux de statistique qui nous ont fourni des séries sur l'investissement. Nous remercions en particulier Ludovico Bracci (ISTAT, Italie), Gwennaëlle Brilhault (INSEE, France), Gerald Cruse (Office fédéral des statistiques, Allemagne), Jukka Jalava (Statistiques Finlande), Patricia Mahony (Bureau australien des statistiques), Nick Oulton (Banque d'Angleterre), Hiromitsu Shimada (Agence de planification économique, Japon). Paul Atkinson et Hannes Suppanz de l'OCDE ont émis des commentaires très utiles. Les opinions exprimées dans ce document ne reflètent pas nécessairement le point de vue de l'OCDE ou de ses pays membres.

INTRODUCTION

L'OCDE a récemment examiné (2001a) les sources de croissance et variations des profils de croissance d'un pays membre à l'autre, pour conclure que les technologies de l'information et de la communication (TIC) constituent le facteur qui a véritablement acquis une importance grandissante. Certaines des incidences des TIC, parallèlement aux politiques macroéconomiques, ont été bien étudiées pour les États-Unis, qui ont connu une forte croissance au cours d'une phase d'expansion d'une longueur inusitée, entre 1992 et 2000. Cette étude vise à chiffrer la contribution des TIC à la croissance de la production aux États-Unis et dans plusieurs autres pays de l'OCDE. Elle examine en particulier le rôle des TIC en tant que source de services du capital, de par leur contribution au processus de production. C'est là une perspective différente de l'approche axée sur la production, qui s'attache surtout au rôle des secteurs producteurs de TIC dans l'économie.

Les TIC sont souvent incorporées dans d'autres biens d'équipement qui ne relèvent pas des TIC – par exemple, les semi-conducteurs en tant qu'éléments de la chaîne de montage. Les TIC jouent ici le rôle de consommations intermédiaires dans la production de biens d'équipement. Tout en étant une source importante de gains de productivité, cette contribution à la production n'est pas considérée isolément dans le présent cadre d'analyse.

Cet article s'appuie sur des travaux de Colecchia (2001) qui a actualisé et développé sur plusieurs points importants une étude de l'OCDE sur la contribution des TIC à la croissance de la production dans les pays du G7 (Schreyer, 2000). Premièrement, l'analyse prend en compte les logiciels informatiques en tant qu'actif lié aux TIC. Cela traduit le fait que les logiciels informatiques sont reconnus comme un investissement incorporel dans le Système de comptabilité nationale (SCN 1993). Deuxièmement, les séries relatives à l'investissement en TIC reposent, dans toute la mesure du possible, sur les statistiques nationales, alors que Schreyer (2000) avait dû s'appuyer sur des données issues de sources privées. Troisièmement, le groupe de référence a été élargi à deux autres pays, l'Australie et la Finlande. En outre, l'analyse couvre la seconde partie des années quatre-vingt-dix, période qui présente un intérêt tout particulier s'agissant du rôle des TIC.

CADRE D'ANALYSE

Comptabilisation de la contribution des TIC à la croissance de la production

La méthodologie employée ici suit directement l'approche retenue par Oliner et Sichel (1994, 2000), Jorgenson et Stiroh (2000) et Schreyer (2000). Elle représente une extension de la méthode traditionnelle d'explication de la croissance et de mesure de la productivité, fondée sur les travaux de Solow (1957) et de Jorgenson et Griliches (1967). On trouvera dans les documents de l'OCDE (2001b) une analyse approfondie de cette approche et des problèmes de mesure qu'elle soulève.

Dans la décomposition, on considère la valeur ajoutée déflatée comme étant la mesure de la production, appelée Q. Parallèlement à la mesure de la production en volume, on trouve un indice de prix pour la même période, P. Les intrants sont les facteurs essentiels : le travail (L) et le capital. Les services du capital sont représentés par un ensemble R de différents types d'actifs dont un sous-ensemble R1 correspond aux TIC et un autre R2 aux actifs non-TIC. La présente étude distingue trois types d'actifs liés aux TIC : matériel informatique, équipements de communication et logiciels informatiques, mais aux fins de présentation théorique ils sont regroupés pour représenter le flux de services du capital TIC (K^C) par opposition au flux de services du capital non-TIC (K^N). La décomposition classique de la croissance est fournie par l'équation suivante :

$$d\ln Q = \varepsilon_L d\ln L + \varepsilon_{KN} d\ln K^N + \varepsilon_{KC} d\ln K^C + d\ln A \quad (1)$$

Dans l'équation (1), ε_L , ε_{KN} et ε_{KC} représentent respectivement les élasticités de production du travail, du capital non-TIC et du capital TIC. Pour une entreprise qui cherche à réduire au minimum les coûts et dans des conditions de concurrence sur les marchés des facteurs, ε_L , ε_{KN} et ε_{KC} correspondent aux parts respectives des différents facteurs de production dans les coûts. Dans l'hypothèse de rendements d'échelle constants, les coûts totaux sont égaux au revenu total, les parts dans les coûts sont égales aux parts dans le revenu et leur somme est égale à l'unité. w représente la rémunération horaire moyenne du travail, u^C le coût d'utilisation d'une unité de services du capital TIC et u^N le coût d'utilisation d'une unité de services du capital non-TIC, de sorte que wL/PQ désigne la part du travail dans le revenu, et $u^C K^C/PQ$ et $u^N K^N/PQ$ les parts de revenu du capital TIC et du capital non-TIC. Dans l'équation (1), le taux de variation de la production est présenté comme la moyenne pondérée des taux de croissance des facteurs, et de la productivité multifactorielle (PMF), $d\ln A$. Ce taux de variation de la PMF correspond à une modification dans le temps, neutre au sens de Hicks (en termes d'augmentation des intrants), d'une fonction de possibilité de production. La contribution d'un facteur à la croissance de la production est évaluée par sa part dans les coûts ou le revenu multipliée par son taux de variation en volume. En particulier, la contribution du capital TIC à la croissance de la production est représentée par $[u^C K^C/PQ]d\ln K^C$.

Aux fins d'application empirique, $d\ln K^C$ sera approché par un taux de variation logarithmique des services du capital TIC ($\Delta \ln K_t^C = \ln(K_t^C/K_{t-1}^C)$) et sa part dans le revenu $u^C K^C/PO$ par une moyenne de deux périodes :

$$0.5(u_t^C K_t^C/P_t Q_t + u_{t-1}^C K_{t-1}^C/P_{t-1} Q_{t-1}).$$

Le taux de variation du facteur capital TIC $d\ln K^C$ est une moyenne pondérée des taux de variation de ses trois composantes : matériel informatique, logiciels informatiques et équipements de communication. On utilise un indice de Törnqvist dans son application empirique avec des pondérations $v_t^i \equiv [u_t^i K_t^i / \sum_{i \in R1} u_t^i K_t^i]$ qui représentent la part des actifs TIC i dans le revenu total du capital TIC aux prix courants :

$$\Delta \ln K_t^C = \sum_{i \in R1} 0.5(v_t^i + v_{t-1}^i) \Delta \ln K_t^i \quad (2)$$

Mesure du volume des services du capital

En règle générale, les variations en volume des TIC et autres services du capital ne sont pas directement observables. Il en va de même de leurs coûts d'utilisation qui sont nécessaires pour agréger les flux de services du capital. S'agissant du flux de services du capital, on part habituellement de l'hypothèse selon laquelle, pour un type particulier (homogène) de bien d'équipement, le flux est proportionnel au stock productif du même bien d'équipement et ce coefficient de proportionnalité est constant dans le temps. Avec cette simplification, les taux de variation du stock productif et du flux de services du capital inféré de ce stock sont égaux. Le stock productif (cf. OCDE 2001b pour une analyse plus complète) reflète l'aspect physique ou quantitatif d'un bien d'équipement. On construit le stock productif pour chaque actif à l'aide de la méthode de l'inventaire permanent qui cumule les investissements réalisés dans le passé, corrigés du déclasserment des actifs et de la perte d'efficacité productive.

Le flux de services du capital inféré de l'actif i est donné par $K_t^i = \lambda S_{t-1}^i$. S_{t-1}^i représente ici le stock productif de l'actif i , à la fin de la période $t-1$. λ est un paramètre constant reliant le stock productif au flux de services du capital. On peut décider que λ est égal à 1, étant donné que sa taille n'a pas d'incidence sur le taux de variation du stock productif. On calcule des stocks de capital productif pour chaque actif à partir de séries d'investissement et d'hypothèses concernant leur durée de vie utile, les fonctions âge-efficience et les distributions de déclasserment. Plus spécifiquement, en posant I_t^i comme le flux de dépenses en capital à prix constants sur la période t , les services productifs du bien d'équipement i sont :

$$K_t^i = S_{t-1}^i = \sum_{\tau=0}^T g_\tau^i I_{t-1-\tau}^i \quad i \in R \quad (3)$$

g_τ^i est une fonction qui combine les incidences du déclasserment et de la perte d'efficacité d'un actif. La fonction de survie ou de déclasserment indique combien de biens d'équipement achetés sur une période donnée sont encore en service après τ années. Elle a été choisie comme la fonction cumulative d'une distribution normale de déclasserment, avec comme moyenne la durée de vie utile moyenne et

une divergence des deux écarts-types. En outre, la fonction de déclassement a été limitée à la durée de vie utile maximale, déterminée comme étant $T = 1.5 \times$ de durée de vie utile moyenne. Cette limitation évite une situation telle que certains des actifs d'un ensemble auraient une durée de vie utile infinie.

La fonction âge-efficience traduit la variation de l'efficacité productive d'un actif à mesure qu'il vieillit, sous réserve de sa survie. La fonction âge-efficience pour l'actif i est appelée h_t^i . Au début de la durée de vie d'un ensemble d'actifs, ce coefficient prend une valeur de 1 ($h_0^i = 1$), il diminue pendant la durée de vie utile d'un actif pour être égal à zéro lorsque la durée de vie utile maximum T de l'actif est atteinte ($h_{T+1}^i = 0$). Conformément à la pratique du *Bureau of Labor Statistics* (BLS, 1983) des États-Unis, on a utilisé une fonction âge-efficience hyperbolique. Dans le cadre d'une fonction hyperbolique, un actif accuse une perte d'efficacité productive relativement faible durant ses premières années de vie utile et relativement forte vers la fin de sa durée de vie utile¹.

La formulation figurant en (3) implique que l'investissement sur la période t débouche sur des services du capital l'année suivante. Pour les actifs ayant une durée de vie assez longue, comme les machines ou les bâtiments non résidentiels, cette hypothèse paraît valable. Pour les actifs dont la durée de vie est moins longue, comme les actifs liés aux TIC, c'est peut-être une hypothèse moins plausible. Quoiqu'il en soit, en l'absence de données intra-annuelles, il n'est pas possible d'introduire une structure rendant compte des décalages, qui soit différenciée selon le type d'actif.

Mesure du prix des services du capital

Le prix des services du capital est donné par le coût d'utilisation ou le loyer de ces services, conformément à la formulation de Jorgenson (1963). Les coûts d'utilisation sont des prix imputés et reflètent le montant qui serait facturé sur un marché performant pour la location d'un bien d'équipement sur une période donnée. Sans prise en compte de l'impôt, les coûts d'utilisation u_t^i d'un actif i sont composés du taux de rendement net r_t appliqué au prix marchand d'un actif neuf q_t^i , des coûts d'amortissement, représentés par le taux d'amortissement d_t^i , et du taux de variation du prix de l'actif lui-même, exprimé par le terme ζ_t^i . Aucune distinction n'a été établie entre les variations effectives et attendues du prix de l'actif. Dès lors, ζ_t^i correspond au taux de variation observé du déflateur des biens d'équipement de l'actif i .

$$u_t^i = q_{t-1}^i [r_t + d_t^i - \zeta_t^i (1 - d_t^i)] \quad (4)$$

L'expression entre crochets représente le taux de rendement brut d'un nouveau bien d'équipement. Pour les actifs TIC, le taux de rendement brut est généralement plus élevé que celui des autres actifs. Cela reflète la rapide obsolescence des actifs TIC, qui est introduite dans le terme coût d'utilisation *via* les variations du prix d'achat des nouveaux biens d'équipement et *via* l'amortissement. En règle générale

rale, la baisse des prix d'achat accroît le coût de détention d'un bien d'équipement tout en le rendant meilleur marché à l'achat.

On détermine le taux de rendement net r_t dans l'expression du coût d'utilisation comme étant le taux *ex-post* (Jorgenson et Griliches, 1967) auquel les coûts d'utilisation épuiseront l'excédent brut d'exploitation du secteur considéré². Les taux d'amortissement d_t^i traduisent la perte relative de valeur d'un actif en raison de son vieillissement³. Les taux d'amortissement d_t^i pour l'expression des coûts d'utilisation ont été calculés de façon cohérente à partir des profils âge-efficience et des variations attendues des prix des actifs (cf. OCDE 2001b pour une présentation complète).

On a calculé le taux de rendement net, r_t , comme le taux *ex post* auquel l'ensemble des revenus non liés au travail sont éliminés dans le compte de production. Il a été obtenu en résolvant l'équation suivante pour r_t :

Revenus non liés au travail =

$$P_t Q_t - w_t L_t = \sum_{i \in R} u_t^i K_t^i = r_t \sum_{i \in R} q_{t-1}^i S_{t-1}^i + \sum_{i \in R} [d_t^i - \zeta_t^i (1 - d_t^i)] q_{t-1}^i S_{t-1}^i \quad (5)$$

DONNÉES

Investissement aux prix courants

La disponibilité et le niveau de détail des données relatives à la formation brute de capital fixe, par type d'actif ou bien d'équipement, compilées et publiées par les instituts de statistiques présentent des différences significatives. La présente étude opère une distinction entre sept types de biens d'équipement⁴, dont trois sont des biens d'équipement liés aux TIC (matériel informatique, équipements de communications et logiciels informatiques) et quatre des actifs non liés aux TIC (construction non résidentielle, autres constructions, matériel de transport et autres actifs non résidentiels et non liés aux TIC). Les actifs résidentiels, terrains, stocks et éléments incorporels autres que les logiciels n'ont pas été pris en compte. On reste donc à un niveau d'agrégation élevé, étant donné que chaque catégorie d'actif est implicitement considérée comme un type de bien d'équipement homogène – hypothèse qui apparaît difficile à justifier dans plusieurs cas. Cela dit, le biais découlant du recours à des données agrégées n'est important que lorsque les prix relatifs des composantes d'un agrégat évoluent de façon très différente. C'est le cas, notamment, des actifs liés aux TIC, qui ont donc fait l'objet d'un traitement distinct.

Alors que Schreyer (2000) et Daveri (2000) utilisent une source de données privée pour évaluer l'ampleur des investissements en TIC au niveau international, la présente étude repose sur des données récemment rendues disponibles dans les comptes nationaux diffusés par les instituts de statistiques. Néanmoins, il a encore été nécessaire de recourir à des estimations, en particulier pour les séries tempo-

relles longues. En outre, certaines différences subsistent en termes de couverture de la classification des actifs, mais globalement, l'ensemble de données utilisé ici présente une plus grande cohérence que celui utilisé par Schreyer (2000).

Certains pays (par exemple les États-Unis) ne publient de données officielles détaillées sur l'investissement que pour l'investissement privé. Dans d'autres (notamment l'Allemagne, l'Italie ou le Royaume-Uni), la décomposition par actifs disponible porte sur l'ensemble de l'économie. Il a fallu recourir à des estimations pour construire des séries couvrant à la fois l'ensemble de l'économie et le secteur des entreprises dans tous les pays étudiés. Le tableau 1 offre une vue d'ensemble de la disponibilité et du champ de couverture des données.

Le Système de comptabilité nationale (SCN 93) stipule que les achats de logiciels informatiques par les entreprises doivent être considérés comme des dépenses en capital, encourues pour constituer un actif incorporel, le stock de logiciels disponible dans le processus de production. Avec la mise en œuvre du SCN 93 dans la plupart des pays de l'OCDE, la première série d'estimations des dépenses en logiciels est devenue disponible dans la comptabilité nationale. A cet égard, il se pose un certain nombre de problèmes de mesure importants. A la différence du matériel informatique, pour lequel les investissements à prix courants peuvent être estimés avec une relative certitude, la mesure des dépenses en logiciels informatiques aux prix courants est sujette à de nombreuses incertitudes et les méthodes d'estimation diffèrent suivant les pays. Ainsi, Lequiller (2001) a mis en évidence de fortes disparités d'un pays à l'autre concernant la ventilation des dépenses en logiciels entre formation de capital fixe et consommations intermédiaires. Cela peut indiquer des différences de méthodologie mais aussi refléter des profils d'investissement véritablement différents parmi les pays de l'OCDE. En outre, s'agissant de déterminer l'indice de prix approprié, le problème est du même ordre pour les logiciels que pour les investissements en matériel informatique. Dès lors, les comparaisons internationales des investissements en logiciels demandent beaucoup de précautions.

Logiciels personnalisés. Pour estimer les achats de logiciels personnalisés, on peut avoir recours à deux méthodes : soit utiliser les informations ressortant d'enquêtes auprès des entreprises, soit s'appuyer sur la production des entreprises de services informatiques. La première méthode vise à mesurer directement les dépenses en logiciels des entreprises, la seconde utilise des données statistiques sur la production nationale et les importations de logiciels avant de ventiler cette offre globale entre la demande finale et une composante « consommations intermédiaires ». Rien ne garantit néanmoins que les deux méthodes produisent le même résultat, et chacune d'elles a ses avantages et ses inconvénients. Par exemple, la seconde méthode présente l'avantage de partir de données assez fiables sur l'offre globale, mais elle nécessite le recours à des hypothèses concernant la part de la demande finale dans l'offre totale. La méthode fondée sur les enquêtes auprès des entreprises consiste à poser directement des questions sur les dépenses en

Tableau 1. **Disponibilité de séries sur les investissements en TIC aux prix courants dans les statistiques officielles**

	Agrégats disponibles	Logiciels	Équipements en technologies de l'information	Équipements de communications	Période
Allemagne	Ensemble de l'économie <i>Estimation de l'OCDE pour le secteur des entreprises</i>	Logiciels achetés et produits pour compte propre	Machines de bureau et matériel informatique	Équipements de communications (y compris postes de radio et de télévision)	1991-2000
Australie	Entreprises publiques, privées et administrations publiques	Logiciels achetés et produits pour compte propre	Matériel informatique et périphériques – estimations de l'OCDE pour les machines de bureau	<i>Estimation de l'OCDE reposant sur la base de données de télécommunications de l'OCDE</i>	1960-2000
Canada	Ensemble de l'économie ; secteur des entreprises et État	Logiciels achetés ou produits pour compte propre	Machines de bureau et matériel informatique	Équipements de communications	1981-2000
États-Unis	Secteur privé	Logiciels achetés et produits pour compte propre	Machines de bureau et matériel informatique	Équipements de communications	1948-2000
Finlande	Ensemble de l'économie, secteur des entreprises et État	Logiciels achetés ou produits pour compte propre	<i>Estimation de l'OCDE fondée sur les données relatives à la production et au commerce de la base de données STAN de l'OCDE et les données relatives aux investissements de la base de données du SCN</i>	<i>Estimation de l'OCDE fondée sur les données relatives à la production et au commerce de la base de données STAN de l'OCDE et les données relatives à l'investissement de la base de données du SCN</i>	1960-1999
France	Ensemble de l'économie et grands secteurs institutionnels	Logiciels achetés ou produits pour compte propre	« Machines de bureau et matériel informatique », GE31	Équipements de communications (« appareils d'émission et de transmission », GE33)	1959-2000
Italie	Ensemble de l'économie <i>Estimation de l'OCDE pour le secteur des entreprises</i>	Logiciels achetés et produits pour compte propre	Machines de bureau et matériel informatique	Équipements de communications	1982-1999

Tableau 1. Disponibilité de séries sur les investissements en TIC aux prix courants dans les statistiques officielles (suite)

	Agrégats disponibles	Logiciels	Équipements en technologies de l'information	Équipements de communications	Période
Japon	Ensemble de l'économie <i>Estimation de l'OCDE pour le secteur des entreprises</i>	Achats de logiciels	Équipements de calcul électronique et appareils connexes	Équipements de communications par réseau filaire et radio	1990-1999
Royaume-Uni	Ensemble de l'économie <i>Estimation de l'OCDE pour le secteur des entreprises</i>	Logiciels achetés ou produits pour compte propre : <i>estimation de Oulton (2001) (estimation basse utilisée)</i>	Machines de bureau et matériel informatique <i>(pour l'estimation des matériels informatiques : recours uniquement à Oulton 2001)</i>	Équipements de communications	1948-1999

Note : Dans ce tableau, le concept de *secteur des entreprises* est utilisé pour les données classées par secteurs institutionnels ou unités institutionnelles. Dans la terminologie de la comptabilité nationale, cela correspond au *secteur recouvrant l'ensemble des sociétés financières et non financières, y compris les quasi-sociétés.*

Source : OCDE STI/STD.

capital de l'entreprise mais elle peut comporter d'autres problèmes ; ainsi, les entreprises peuvent sous-estimer leurs investissements en logiciels parce qu'elles enregistrent les achats de logiciels comme des dépenses courantes. Les comparaisons internationales de la répartition de l'offre totale entre demande finale (investissement) et composante « consommations intermédiaires » révèlent effectivement des différences significatives. Pour une discussion approfondie de ces questions, on peut se reporter à Ahmad (2001). A l'heure actuelle, les méthodes consistant à évaluer la production des entreprises de services informatiques sont utilisées en Finlande, en Italie et aux États-Unis tandis que la France, l'Australie et le Royaume-Uni utilisent la méthode fondée sur des enquêtes auprès des entreprises.

Logiciels standardisés ou reproduits. Des estimations distinctes des dépenses d'investissement en logiciels reproduits sont difficiles à obtenir quand le logiciel standardisé est intégré à d'autres éléments dans certains ordinateurs. Une séparation entre logiciels standardisés et personnalisés est difficile lorsque les données relatives aux investissements reposent sur des données d'enquêtes auprès d'entreprises, car celles-ci n'opèrent généralement pas de distinction entre les deux types de logiciels.

Logiciels pour compte propre. L'estimation des logiciels produits pour compte propre soulève également de grandes difficultés. Dans nombre de pays, l'assise statistique est limitée et, en règle générale, l'estimation s'effectue en évaluant la rémunération du facteur travail, c'est-à-dire des ingénieurs informatiques impliqués dans le développement de ces logiciels produits pour compte propre. On constate des différences au niveau international concernant la définition et la mesure des groupes professionnels concernés (« développeur de logiciels »), ainsi que les estimations des heures passées aux tâches de développement et de la rémunération horaire moyenne. Des problèmes conceptuels se posent également sur le point de savoir si l'ensemble des logiciels produits pour compte propre doit être traité comme un bien d'équipement ou si une partie (notamment les logiciels pour compte propre ultérieurement intégrés à des produits) doivent être traités comme une consommation intermédiaire.

Indices de prix

Les indices de prix sont essentiels pour mesurer l'investissement en volume, les services du capital et les coûts d'utilisation. Des indices de prix exacts devraient être des déflateurs de qualité constante reflétant les variations des prix pour une performance donnée des biens d'équipement liés aux TIC. Ainsi, les modifications observées des prix des « boîtiers d'ordinateur » doivent faire l'objet d'un ajustement en termes de qualité pour permettre une comparaison entre les différentes générations. Wyckoff (1995) a été l'un des premiers à souligner que les grands écarts observables entre les indices de prix des ordinateurs dans la zone de l'OCDE traduisaient vraisemblablement davantage des différences de méthodologie statistique que de véritables divergences en termes d'évolution des prix. En particulier, les pays qui emploient des méthodes hédoniques ou par appariement pour construire des déflateurs de prix des TIC enregistrent généralement une baisse du prix des ordinateurs plus forte que les pays qui n'y ont pas recours.

Le tableau 2 recense l'utilisation par les différents pays de méthodes hédoniques pour construire des indices de prix des logiciels, matériels informatiques et équipements de communications. Plusieurs pays emploient des techniques hédoniques pour déflater les dépenses d'investissement en technologies de l'information. A l'heure actuelle, seuls les États-Unis ont recours à un modèle hédonique de détermination des prix pour les logiciels. D'autres pays utilisent à titre d'approximation soit un déflateur fondé sur les facteurs intermédiaires (notamment un indice de salaire des programmeurs), soit des séries de prix relatives à d'autres investissements (ex : matériel informatique). La méthode de déflation fondée sur les facteurs intermédiaires est davantage susceptible de surévaluer les modifications de prix des logiciels parce qu'elle ne peut pas refléter les améliorations qualitatives. Appliquer le déflateur fondé sur le prix des matériels informatiques pourrait se

Tableau 2. Utilisation de déflateurs hédoniques

	Logiciels	Équipements en technologies de l'information	Équipements en communications
Allemagne	Non	Non	Non
Australie	Non	Indice de prix hédonique lié à l'indice de prix des matériels informatiques BEA des États-Unis, ajusté en fonction du taux de change	Non
Canada	Version ajustée de l'indice de prix BEA des États-Unis pour les progiciels (hédonique) et les logiciels personnalisés (en partie hédonique)	Indice de prix hédonique pour les ordinateurs personnels, ordinateurs portables et équipements périphériques	Non
États-Unis	Déflateur hédonique pour les progiciels ; pour les logiciels personnalisés : moyenne des déflateurs pour les logiciels pour compte propre (ne reposant pas sur la méthode hédonique) et les progiciels	Déflateurs hédoniques pour les ordinateurs et périphériques	Déflateurs hédoniques pour les prix des commutateurs téléphoniques
Finlande	Moyenne pondérée (50/50) de l'indice des revenus moyens dans le secteur informatique et de l'indice de prix hédonique BEA des États-Unis pour les progiciels	n.d.	n.d.
France	Non	Indice de prix hédonique pour les ordinateurs : mesure combinée d'un indice de prix hédonique pour la France et de l'indice de prix des ordinateurs BEA des États-Unis ; ajusté en fonction du taux de change	Non
Italie	Non	Non	Non
Japon	Non	Indice de prix hédonique pour les ordinateurs	Non
Royaume-Uni	Non	Non	Non

Source : OCDE.

traduire par une surestimation des variations de prix des logiciels : en effet, là où des indices de prix distincts ont été établis pour les matériels informatiques et les logiciels, les indices de prix des logiciels baissent moins rapidement que ceux des matériels informatiques. Aux États-Unis, on utilise un déflateur global pour les logiciels afin de construire des indices de prix harmonisés pour les logiciels. Cela implique une hypothèse de composition similaire (logiciels pour compte propre, standardisés et personnalisés) des investissements en logiciels d'un pays à l'autre, hypothèse qui peut ne pas être valide⁵.

Schreyer (2000) a utilisé un ensemble de déflateurs « harmonisés » pour éliminer certaines des différences en matière de méthodologie. Les indices de prix « harmonisés » pour les biens d'équipement liés aux TIC ont été calibrés à l'aide des indices de prix des TIC des États-Unis. Dans une première étape, la différence en points de pourcentage entre l'indice de prix pour les équipements en technologies de l'information ($\Delta \ln q_t^{IT,US}$) et l'indice de prix pour les équipements non liés aux TIC a été calculée pour les États-Unis ($\Delta \ln q_t^{N,US}$). Afin d'éliminer les fluctuations à court terme, on a opéré une régression par rapport à une tendance polynomiale pour les séries ainsi obtenues et des valeurs prévues ont ainsi été produites. Les valeurs prévues de cette régression s'appellent $\lambda_t^{IT} = f(\Delta \ln q_t^{IT,US} - \Delta \ln q_t^{N,US})$. La même procédure a été appliquée aux logiciels (SW) et équipements de communications (CE) et a produit les séries λ_t^{SW} et λ_t^{CE} . Pour construire la série d'indices de prix harmonisés, on a appliqué ces facteurs aux indices de prix non liés aux TIC d'autres pays : $\Delta \ln q_t^{IT,k} = \Delta \ln q_t^{N,k} + \lambda_t^{IT}$, $\Delta \ln q_t^{SW,k} = \Delta \ln q_t^{N,k} + \lambda_t^{SW}$, $\Delta \ln q_t^{CE,k} = \Delta \ln q_t^{N,k} + \lambda_t^{CE}$, où $k = 1, 2, \dots, 8$ pays autres que les États-Unis.

On peut noter une difficulté liée à l'utilisation du déflateur harmonisé. Dans une perspective comptable, le fait d'ajuster l'indice de prix des biens d'équipement pour n'importe quel pays implique un ajustement de l'indice de la production en volume. Dans la plupart des cas, un tel ajustement se traduirait par un taux mesuré de variation de la production en volume plus élevé. Pour des raisons pratiques, ces effets n'ont pas été pris en compte dans la présente analyse⁶.

RÉSULTATS

Investissement en TIC

La croissance économique enregistrée aux États-Unis durant la seconde partie des années quatre-vingt-dix a été tirée par l'expansion forte et soutenue de l'investissement des entreprises, qui faisait suite à une période de faiblesse marquée au début de la décennie. Il est remarquable de constater que le taux d'accumulation du capital dans le secteur des entreprises aux États-Unis a presque doublé au cours de la seconde moitié de la décennie, du fait surtout des importants investissements en

Tableau 3. Part des investissements en TIC dans le total de l'investissement non résidentiel
En pourcentage

		Allemagne	Australie	Canada	États-Unis	Finlande ¹	France	Italie ¹	Japon ¹	Royaume-Uni
Équipements en technologies de l'information	1980	4.6	2.2	3.9	5.1	2.0	2.5	4.1	3.3	2.9
	1990	5.5	5.5	4.5	7.0	3.6	3.5	4.2	3.8	6.0
	1995	4.6	8.4	5.7	8.7	4.0	3.9	3.5	4.6	8.6
	2000	6.1	7.2	7.9	8.3	2.9	4.4	4.2	5.2	8.4
Équipements de communications	1980	3.9	4.0	3.0	7.1	3.2	2.9	4.0	3.4	1.6
	1990	4.8	3.8	3.8	7.5	3.9	3.2	5.7	4.0	2.0
	1995	4.2	4.7	4.0	7.3	9.3	3.5	6.7	5.3	3.6
	2000	4.3	5.6	4.2	8.0	15.3	3.9	7.2	6.9	3.6
Logiciels	1980	3.6	1.1	2.2	3.0	2.6	1.3	1.7	0.4	0.3
	1990	3.7	4.6	4.9	8.0	5.2	2.6	3.8	3.1	2.1
	1995	4.5	6.4	7.1	10.1	9.2	3.5	4.3	4.0	3.5
	2000	5.7	9.7	9.4	13.6	9.8	6.1	4.9	3.8	3.0
Équipements en TIC et logiciels	1980	12.2	7.3	9.1	15.2	7.8	6.8	9.7	7.0	4.8
	1990	13.9	13.9	13.2	22.5	12.7	9.4	13.7	10.8	10.1
	1995	13.3	19.5	16.8	26.1	22.5	10.8	14.4	13.8	15.6
	2000	16.2	22.5	21.4	29.9	28.0	14.4	16.3	16.0	15.0

1. 1999 au lieu de 2000.

Source : Calculs des auteurs.

capital TIC. En 2000, et mesuré à prix courants, l'investissement en TIC a représenté près d'un tiers du total de l'investissement non résidentiel, et des taux de croissance du même ordre ont été relevés en Finlande, suivie par le Canada et l'Australie (tableau 3).

Quand on compare les tendances des différents pays, il convient de garder à l'esprit leur position conjoncturelle respective. Ainsi, au début des années quatre-vingt-dix, lorsque les États-Unis ont entamé leur période d'expansion, la Finlande connaissait une grave récession. Plus récemment, alors que l'investissement en Finlande enregistrait une forte progression, le Japon était en phase de recul de l'activité. Pourtant, en dépit de la diversité des positions cycliques des différentes économies, il apparaît, au vu du tableau 4, que les neuf pays de l'OCDE étudiés ont tous enregistré une rapide croissance de l'investissement en TIC à prix constants. Le taux de croissance s'est même accéléré pendant la seconde moitié des années quatre-vingt-dix, sauf au Japon. Durant cette décennie, le taux de progression des investissements en technologies de l'information a doublé aux États-Unis par rapport à la décennie précédente et s'est accéléré sur la période 1995-00 pour passer à 34 pour cent en moyenne annuelle. Des taux de croissance similaires ont été enregistrés en France pour les trois types d'actifs TIC. Tandis qu'en Finlande, c'est le matériel de

Tableau 4. Investissement en volume
Variation annuelle en pourcentage, secteur des entreprises

		Allemagne	Australie	Canada	États-Unis	Finlande ¹	France	Italie ¹	Japon ¹	Royaume-Uni
Indice de prix national										
Équipements en technologies de l'information	1980-90	8.5	31.9	23.2	18.9	12.1	18.8	5.6	13.1	20.7
	1990-00	10.1	22.9	27.2	27.5	-7.6	15.4	4.2	8.1	12.7
	1990-95	4.1	21.3	19.6	22.5	-11.3	9.1	-2.4	5.5	11.9
	1995-00	16.0	24.5	34.8	32.4	-2.9	21.7	12.4	11.3	13.5
Équipements de communications	1980-90	6.8	5.5	4.8	3.9	8.6	4.6	8.5	11.8	9.6
	1990-00	5.4	8.1	8.3	11.2	10.7	7.3	5.7	9.4	10.8
	1990-95	4.1	6.4	5.2	6.2	4.9	3.3	5.0	3.4	11.3
	1995-00	6.7	9.8	11.5	16.2	17.9	11.2	6.6	16.8	10.4
Logiciels	1980-90	4.2	28.8	13.6	14.6	8.5	11.6	11.6	7.9	20.6
	1990-00	9.5	17.4	10.9	14.1	4.3	9.4	3.5	-0.3	4.6
	1990-95	8.7	13.8	8.1	11.6	1.2	4.7	1.6	0.2	7.2
	1995-00	10.3	20.9	13.7	16.6	8.1	14.0	5.8	-0.9	2.0
Indice de prix harmonisé										
Équipements en technologies de l'information	1980-90	20.1	30.2	19.3	18.9	25.4	22.5	18.4	24.8	28.2
	1990-00	22.9	23.0	30.1	27.5	15.1	23.5	20.1	20.1	25.4
	1990-95	14.6	23.9	21.2	22.5	9.4	15.4	11.5	16.6	22.8
	1995-00	31.2	22.0	38.9	32.4	22.3	31.6	30.9	24.4	28.0
Équipements de communications	1980-90	7.4	7.1	6.6	3.9	8.6	7.3	8.6	12.0	9.9
	1990-00	5.6	9.7	8.2	11.2	18.4	7.9	8.3	8.1	13.4
	1990-95	2.4	8.7	3.7	6.2	12.2	4.3	5.5	5.5	14.9
	1995-00	8.7	10.7	12.7	16.2	26.2	11.4	11.7	11.3	11.9
Logiciels	1980-90	6.9	24.8	14.8	14.6	14.4	15.0	14.3	32.8	27.3
	1990-00	9.7	11.7	12.1	14.1	10.0	12.1	7.5	3.0	9.9
	1990-95	8.6	9.3	9.6	11.6	6.9	5.7	4.6	4.6	12.7
	1995-00	10.9	14.1	14.6	16.6	13.9	18.6	11.0	1.1	7.1

1. 1999 au lieu de 2000.

Source : Calculs des auteurs.

communications qui a constitué la composante la plus dynamique, au Japon, c'est le matériel informatique et en Australie les logiciels qui ont connu la progression la plus importante. Globalement, dans l'ensemble des neuf pays la croissance de l'investissement a été tirée par celle de l'investissement en TIC. C'est en particulier le cas aux États-Unis, en Australie et en Finlande, où ce type d'investissement a représenté plus de 50 pour cent de la progression de l'investissement non résidentiel au cours de la seconde moitié des années quatre-vingt-dix.

L'importance de la croissance en volume de l'investissement en technologies de l'information s'explique par le recul constant des prix relatifs de ces équipements, ce

qui a donné lieu à des effets de substitution entre différents types de capital et entre le capital TIC et le travail. La rapide baisse des prix des ordinateurs et des équipements bureautiques s'est encore accélérée à la fin des années quatre-vingt-dix par rapport aux années précédentes. La chute des prix a été beaucoup moins prononcée pour les équipements de communications et les logiciels. Ce dernier poste a néanmoins constitué un élément moteur de la croissance de l'investissement en TIC à la fin de la décennie, contribuant à hauteur de 25-40 pour cent à la croissance globale de l'investissement.

Une raison probable de la vive expansion des achats de logiciels est la complémentarité avec les biens d'équipement liés aux technologies de l'information. Si l'on considère une technologie d'objet général comme l'Internet, offrant une infrastructure pour de nouvelles formes d'activité commerciale, son développement implique généralement des investissements en infrastructures de communication dans un premier temps, suivis d'investissements en applications (logiciels). Le développement des activités en ligne, qui s'ensuit souvent, génère une demande de nouvelles infrastructures et applications. Par exemple, de nouvelles applications multimédias requièrent des améliorations continues de la technologie en matière de réseau et des logiciels permettant l'utilisation en temps réel de données de type média, comme la vidéo, la voix, l'animation et la musique. Autre raison, plus éphémère, de la forte croissance de l'investissement en logiciels à la fin des années quatre-vingt-dix : l'anticipation du « bogue de l'an 2000 », même s'il reste difficile de donner des indications même approximatives sur l'ampleur de cet effet.

Contribution du capital TIC à la croissance de la production

Le tableau 5 montre la contribution de l'équipement TIC et des logiciels à la croissance de la production dans le secteur des entreprises des pays étudiés. Dans la première moitié des années quatre-vingt-dix, et sur la base de l'indice de prix harmonisé, cette contribution s'est établie entre 0.18 et 0.48 point de pourcentage par an selon le pays. Sur la période 1995-2000, la contribution des TIC et des logiciels est passée à une fourchette de 0.33 à 0.86 point de pourcentage. En termes relatifs, le capital TIC a représenté entre un tiers et près de 100 pour cent de la contribution globale des services du capital à la croissance de la production. La contribution la plus élevée des équipements TIC à la croissance de la production a été constatée aux États-Unis (0.86 point de pourcentage en moyenne sur la période 1995-99), suivis de l'Australie, du Canada et de la Finlande. Comme la première partie du tableau 5 repose sur des indices de prix nationaux pour les TIC, certaines des différences en termes de contribution à la croissance peuvent refléter des problèmes de méthodologie plutôt que de véritables divergences en termes d'évolution des prix. La seconde partie reproduit des résultats fondés sur un indice de prix harmonisé. Une comparaison entre les deux parties du tableau révèle pour la Finlande de grandes variations de la contribution des TIC à la croissance de la production (hausse de plus

Tableau 5. **Contribution des TIC à la croissance de la production**
Points de pourcentage, secteur des entreprises

		Allemagne	Australie	Canada	États-Unis	Finlande ¹	France	Italie ¹	Japon ¹	Royaume-Uni
Indice de prix national										
<i>Variation annuelle en %</i>										
Production	1980-85	1.13	3.39	2.66	3.35	2.80	1.48	1.54	3.31	2.59
	1985-90	3.59	3.79	2.90	3.31	3.42	3.46	3.04	5.14	3.90
	1990-95	2.22	3.37	1.79	2.64	-0.70	0.97	1.44	1.33	2.12
	1995-99	1.73	4.72	4.09	4.43	5.62	2.60	1.93	1.10	3.48
	1995-00	2.06	4.62	4.20	4.40	..	2.81	..	..	3.55
<i>Contribution (en points de %) de :</i>										
Équipements en technologies de l'information et des communications	1980-85	0.09	0.22	0.28	0.36	0.14	0.11	0.11	0.08	0.10
	1985-90	0.13	0.35	0.27	0.32	0.18	0.15	0.13	0.16	0.20
	1990-95	0.16	0.31	0.21	0.29	0.00	0.11	0.10	0.14	0.13
	1995-99	0.14	0.57	0.36	0.61	0.11	0.19	0.12	0.29	0.25
	1995-00	0.15	0.56	0.38	0.62	..	0.19	..	..	0.25
Logiciels	1980-85	0.01	0.05	0.04	0.07	0.04	0.03	0.02	0.00	0.01
	1985-90	0.03	0.16	0.09	0.11	0.08	0.05	0.06	0.02	0.03
	1990-95	0.06	0.16	0.08	0.14	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02
	1995-99	0.07	0.21	0.11	0.25	0.09	0.08	0.04	0.00	0.03
	1995-00	0.07	0.23	0.12	0.25	..	0.08	..	..	0.02
Total TIC	1980-00	0.17	0.51	0.37	0.54	0.16	0.19	0.15	0.17	0.19
	1980-85	0.10	0.27	0.32	0.44	0.18	0.14	0.13	0.09	0.12
	1985-90	0.16	0.51	0.36	0.43	0.25	0.21	0.20	0.18	0.23
	1990-95	0.22	0.47	0.28	0.43	0.01	0.13	0.10	0.14	0.15
	1995-99	0.21	0.78	0.47	0.86	0.20	0.26	0.16	0.29	0.28
	1995-00	0.22	0.79	0.51	0.87	..	0.27	..	..	0.27
Total services du capital	1980-85	0.58	1.63	1.45	1.25	0.68	0.69	0.72	1.01	0.70
	1985-90	0.80	1.97	1.25	1.10	0.83	0.91	0.86	1.38	1.10
	1990-95	0.99	1.35	0.72	0.97	0.03	0.73	0.62	1.33	0.74
	1995-99	0.81	1.74	1.04	1.69	0.15	0.75	0.82	0.97	1.05
	1995-00	0.83	1.73	1.09	1.71	..	0.78	..	..	1.04

de 0.4 point de pourcentage sur la seconde moitié des années quatre-vingt-dix) et une progression plus modérée des contributions mesurées de l'Allemagne, de l'Italie et du Royaume-Uni. Cela les ramène à un niveau plus proche de ceux de la France et du Japon, pays où les déflateurs nationaux des technologies de l'information reposent sur des modèles hédoniques et présentent beaucoup moins de différences par rapport à la série fondée sur l'indice harmonisé. Toutefois, l'utilisation de déflateurs harmonisés ne fait disparaître l'écart apparent entre les États-Unis et les grands pays européens en ce qui concerne la contribution des TIC.

Sur la période 1995-2000, l'accumulation de capital en logiciels a représenté entre 20 et 30 pour cent de la contribution globale du capital TIC à la croissance de la

Tableau 5. Contribution des TIC à la croissance de la production (suite)

Points de pourcentage, secteur des entreprises

		Allemagne	Australie	Canada	États-Unis	Finlande ¹	France	Italie ¹	Japon ¹	Royaume-Uni
Indice de prix harmonisé										
<i>Variation annuelle en %</i>										
Production	1980-85	1.13	3.39	2.66	3.35	2.80	1.48	1.54	3.31	2.59
	1985-90	3.59	3.79	2.90	3.31	3.42	3.46	3.04	5.14	3.90
	1990-95	2.22	3.37	1.79	2.64	-0.70	0.97	1.44	1.33	2.12
	1995-99	1.73	4.72	4.09	4.43	5.62	2.60	1.93	1.10	3.48
	1995-00	2.06	4.62	4.20	4.40	..	2.81	..	..	3.55
<i>Contribution (en points de %) de :</i>										
Équipements en technologies de l'information et des communications	1980-85	0.18	0.24	0.25	0.36	0.21	0.13	0.21	0.16	0.16
	1985-90	0.23	0.34	0.24	0.32	0.30	0.17	0.23	0.23	0.25
	1990-95	0.24	0.37	0.21	0.29	0.17	0.16	0.18	0.25	0.23
	1995-99	0.28	0.53	0.39	0.61	0.46	0.23	0.29	0.36	0.42
	1995-00	0.30	0.53	0.43	0.62	..	0.25	..	..	0.43
Logiciels	1980-85	0.03	0.05	0.04	0.07	0.07	0.05	0.02	0.02	0.02
	1985-90	0.04	0.12	0.09	0.11	0.12	0.05	0.08	0.07	0.04
	1990-95	0.06	0.12	0.09	0.14	0.07	0.02	0.02	0.06	0.04
	1995-99	0.07	0.13	0.12	0.25	0.16	0.10	0.07	0.02	0.05
	1995-00	0.07	0.15	0.13	0.25	..	0.10	..	..	0.04
Total TIC	1980-00	0.29	0.48	0.37	0.54	0.39	0.23	0.28	0.29	0.30
	1980-85	0.20	0.29	0.30	0.44	0.28	0.18	0.23	0.18	0.18
	1985-90	0.27	0.46	0.33	0.43	0.42	0.22	0.31	0.30	0.29
	1990-95	0.30	0.48	0.30	0.43	0.24	0.18	0.21	0.31	0.27
	1995-99	0.35	0.66	0.51	0.86	0.62	0.33	0.36	0.38	0.47
	1995-00	0.38	0.68	0.57	0.87	..	0.35	..	..	0.48
Total services du capital	1980-85	0.69	1.66	1.43	1.25	0.77	0.72	0.82	1.10	0.76
	1985-90	0.91	1.93	1.23	1.10	1.00	0.92	0.97	1.50	1.15
	1990-95	1.08	1.37	0.74	0.97	0.26	0.78	0.73	1.49	0.85
	1995-99	0.95	1.63	1.08	1.69	0.57	0.82	1.01	1.07	1.23
	1995-00	0.98	1.63	1.15	1.71	..	0.87	..	..	1.25

1. 1999 au lieu de 2000.

Source : Calculs des auteurs.

production. Fait remarquable, ce résultat se vérifie pour tous les pays de l'OCDE compris dans l'échantillon, hormis le Japon et le Royaume-Uni. Toutefois, les données japonaises relatives aux dépenses en logiciels excluent les logiciels pour compte propre, ce qui pourrait fort bien expliquer cette différence. Pour le Royaume-Uni, Oulton (2001) a suggéré que les données officielles sous-estimaient les dépenses en logiciels. De même, certains chercheurs (Jorgenson et Stiroh, 2000) ont fait observer que les indices de prix des logiciels pour compte propre peuvent ne pas refléter entièrement les améliorations de la qualité, si bien que la contribution des logiciels à la croissance économique telle que calculée ici est susceptible de représenter une limite inférieure.

Toutefois, de manière plus générale, les méthodologies statistiques permettant de capitaliser les logiciels sont encore en cours d'élaboration, aussi est-il difficile d'affirmer qu'il existe un biais de mesure à la hausse ou à la baisse.

Nos résultats sont globalement conformes à ceux d'autres études relatives à des pays ou groupes de pays, en particulier Oliner et Sichel (2000), Jorgenson et Stiroh (2000) et Jorgenson (2001) pour les États-Unis, Cette *et al.* (2000) pour la France, Niininen (1999) pour la Finlande, Oulton (2001) pour le Royaume-Uni, Schreyer (2000) pour le G7, Daveri (2000) pour 18 pays. D'autres études consacrées aux États-Unis utilisent un cadre différent, avec des résultats quelque peu différents comme chez Whelan (2000), ou très différents comme chez Kiley (1999)⁷.

CONCLUSIONS

Le présent document examine la contribution du capital TIC à la croissance économique dans neuf pays de l'OCDE. Pour ce faire, on a étudié les tendances des équipements en TIC et logiciels et le rôle des TIC dans l'accumulation globale de capital. Les contributions à la croissance sont chiffrées dans un cadre de comptabilité de la croissance. Du fait qu'en matière de TIC, et plus encore dans les comparaisons internationales, la fiabilité et la disponibilité des données soulèvent des problèmes non négligeables, les questions de mesure et de statistique sont évoquées assez longuement. Les principales conclusions à cet égard sont les suivantes :

- En dépit de positions conjoncturelles différentes, les neuf pays examinés ont tous enregistré une progression marquée du taux d'investissement en biens d'équipement liés aux TIC. Les équipements en technologies de l'information et les logiciels ont constitué les composantes les plus dynamiques des TIC et ont affiché des taux de croissance réels à deux chiffres dans la plupart de ces pays. Si l'investissement en TIC s'est inscrit partout en progression, des différences subsistent d'un pays à l'autre. En 2000, les investissements en TIC mesurés en termes nominaux ont représenté environ un tiers du total de l'investissement non résidentiel aux États-Unis, et un peu moins en Finlande, au Canada et en Australie.
- Parallèlement à la hausse de la demande d'investissements en technologies de l'information, les prix des biens d'équipement liés à ces technologies ont baissé en termes relatifs et absolus. Cela s'est traduit par un effet de substitution vers ce type de biens d'équipement au détriment d'autres facteurs de production. La baisse des prix des logiciels a été moins prononcée que celle des équipements en technologies de l'information mais cela n'a pas empêché une rapide accumulation de capital en logiciels. L'un des résultats notables de ces effets de substitution entre différents types d'actifs a été la

modification observée de la composition des services du capital, en faveur des biens d'équipement offrant des rendements plus élevés par période.

- Au cours de la première moitié des années quatre-vingt-dix, les TIC ont contribué à la croissance économique à raison de 0.2 à 0.5 point de pourcentage par an, selon le pays considéré. Au cours de la seconde moitié de la décennie, cette contribution est passée à 0.3-0.9 point de pourcentage par an. Ainsi, les États-Unis n'ont pas été seuls à bénéficier des effets positifs des investissements en capital TIC sur la croissance économique et à connaître une accélération de ces effets. Cependant, il apparaît clairement que ces retombées ont connu leur plus grande ampleur aux États-Unis, suivis uniquement de l'Australie, de la Finlande et du Canada. Parmi les neuf pays considérés, c'est en Allemagne, en Italie, en France et au Japon que la contribution des TIC à la croissance économique a été la plus faible.

NOTES

1. Plus précisément, la formule employée pour la fonction hyperbolique est $(T-t)/(T-\beta t)$, où T est la durée de vie utile maximale, t un indice du temps qui passe, et où le paramètre β qui imprime sa forme à la fonction hyperbolique a été fixé à 0.8.
2. C'est la méthode la plus utilisée reposant sur l'hypothèse d'une parfaite aptitude à prévoir. Elle cadre bien avec l'hypothèse d'équilibre général impliquée par les modèles de comptabilisation de la croissance et présente l'avantage de la simplicité. Toutefois, elle sera sujette à des erreurs de mesure de l'excédent brut d'exploitation et donne une mesure *ex post* qui peut ne pas traduire les conditions rencontrées par les producteurs au début de la période. Une méthode de rechange consiste à choisir un taux attendu de rendement exogène au lieu d'un taux effectif de rendement endogène. Cela rend les mesures du capital indépendantes des mesures de la production et n'impose pas de faire l'hypothèse que toutes les variations de prix observées ont été entièrement anticipées par les agents économiques. Ces modèles de rechange ont été étudiés par Harper, Berndt et Wood (1989), et plus récemment par Diewert (2001).
3. Dans la présente étude, le profil âge-prix, qui forme la configuration des taux d'amortissement transversaux, est distingué du profil âge-efficience, qui traduit l'efficacité productive d'un actif durant sa durée de vie utile. Cf. OCDE (2001b) pour un débat sur le sujet. En nous fondant sur la pratique largement répandue dans les pays de l'OCDE, nous avons retenu les durées de vie utiles moyennes suivantes : logiciels (trois ans), technologies de l'information (sept ans), équipements de communications (15 ans), matériel de transport (15 ans), divers (15 ans), construction non résidentielle (60 ans) et autres structures (20 ans).
4. Les sources de données relatives aux investissements à prix courants et à prix constants sont les Comptes nationaux annuels de l'OCDE pour les grandes catégories d'actifs et des sources nationales ou des communications spécifiques des instituts de statistiques pour une ventilation plus détaillée, notamment en ce qui concerne les actifs liés aux TIC. Les auteurs y ont ajouté leurs propres estimations, en particulier pour les premières années.
5. Les déflateurs utilisés aux États-Unis pour les trois types de logiciels affichent des taux différents parce que le déflateur des logiciels produits pour compte propre repose sur un indice de prix des facteurs intermédiaires. Jorgenson et Stiroh (2000) ont effectué des ajustements pour remédier à cette divergence. Aucun ajustement n'a été effectué pour la présente étude.
6. Cependant, pour de nombreux pays, les incidences d'un tel ajustement devraient être peu importantes (Schreyer, 2001, Lequiller, 2001).
7. Whelan (2000) analyse la contribution à la croissance dans le cadre d'un modèle de production déjà exploré. Kiley (1999) utilise un modèle incluant des coûts d'ajustement et obtient de ce fait une contribution négative à court terme des ordinateurs à la croissance. Ces résultats font l'objet d'une comparaison approfondie chez Oliner et Sichel (2000).

BIBLIOGRAPHIE

- AHMAD, N. (2001),
« Measurement of corporate and government expenditure on gross fixed capital formation and intermediate consumption: software and office machinery », document présenté lors de la réunion des Experts en comptabilité nationale à l'OCDE, octobre.
- BUREAU OF LABOR STATISTICS (1983),
Trends in Multifactor Productivity 1948-81, Bulletin 2178, Washington DC.
- CETTE, G., J. MAIRESSE et Y. KOCOGLU (2000),
« Les technologies de l'information et de la communication en France : Diffusion et contribution à la croissance », *Économie et Statistique*, n° 339-340.
- COLECCHIA, A. (2001),
« The impact of information and communications technologies on output growth. Issues and preliminary findings », document présenté au Comité de l'industrie et de l'environnement de l'entreprise de l'OCDE.
- DAVERI, F. (2000), « Is growth in Europe an ICT story too? », document présenté au Séminaire économique international Villa Mondragone, juin.
- DIEWERT, E.D. (2001),
« Measuring the price and quantity of capital services under alternative assumptions », *Department of Economics Working Paper n° 01-24*, University of British Columbia.
- HARPER, M., E.R. BERNDT et D.O. WOOD (1989),
« Rates of return and capital aggregation using alternative rental prices », dans Jorgenson, D.W. et R. Landau (dir. de publ.), *Technology and Capital Formation*, MIT Press.
- JORGENSON, D.W. (2001),
« Information technology and the US Economy », *American Economic Review*, vol. 91, n° 1.
- JORGENSON, D.W. et K. STIROH (2000),
« Raising the speed limit : US economic growth in the information age », *Brookings Papers on Economic Activity* (1), pp. 125-211.
- JORGENSON, D.W. et Z. GRILICHES (1967),
« The explanation of productivity change », *Review of Economic Studies* 34.
- JORGENSON, D.W. (1963),
« Capital theory and investment behaviour », *American Economic Review*, vol. 53, pp. 247-259.
- KILEY, M.T. (1999),
« Computers and growth with cost adjustments : will the future look like the past? », ronéoté, Federal Reserve Board, juillet.

- NIININEN, P. (2001),
« Computers and economic growth in Finland », dans *Information Technology and Economic Development*, dir. de publ. M. Pohjola, Wider/United Nations University. Oxford University Press, à paraître.
- LEQUILLER, F. (2001),
« The new economy and the measurement of GDP growth », *Document de travail de l'INSEE* n° G 2001/01, Paris.
- OCDE (2001a),
La nouvelle économie : mythe ou réalité ?, Paris.
- OCDE (2001b),
Mesurer la productivité – Manuel de l'OCDE : Mesurer la croissance de la productivité par secteurs et pour l'ensemble de l'économie, Paris.
- OLINER, S.D. et D.E. SICHEL (2000),
« The resurgence of growth in the late 1990s: is information technology the story? », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, n° 4, pp. 3-22.
- OLINER, S.D. et D.E. SICHEL (1994),
« Computers and economic growth revisited: how big is the puzzle? », *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 273-317.
- OULTON, N. (2001),
« ICT and productivity growth in the UK », *Bank of England Working Paper*.
- SCHREYER, P. (2002),
« Computer price indices and international growth comparisons », *Review of Income and Wealth*, à paraître.
- SCHREYER, P. (2000),
« The contribution of information and communication technology to output growth: a study of the G7 countries », *STI Working Papers 2000/2*.
- SCHREYER, P. et D. PILAT (2001),
« Mesurer la productivité », *Revue économique de l'OCDE*, n° 33, 2001/2.
- SOLOW, R. (1957),
« Technical change and the aggregate production function », *Review of Economics and Statistics*, vol. 39, pp. 312-320.
- WHELAN, K. (2000),
« Computers, obsolescence and productivity », *Federal Reserve Board Finance and Economics Discussion Paper Series*.
- WYCKOFF, A.W. (1995),
« The impact of computer prices on international comparisons of productivity », *Economics of Innovation and New Technology*, pp. 277-93.