

TIC ET CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITE

AU ROYAUME-UNI

Nicholas Oulton
Banque d'Angleterre

Octobre 2001

Communication présentée au 9^{ème} Séminaire ACN, Paris, 21-22 novembre, 2001

Résumé

Ce document présente de nouvelles estimations des investissements et des résultats obtenus en matière de technologies de l'information et des communications (TIC). Ces nouvelles estimations impliquent que la croissance du PIB a été minimisée de manière significative, particulièrement depuis 1994. Une démarche de comptabilité de la croissance est utilisée pour mesurer la contribution des TIC dans la croissance à la fois de la production et des facteurs de production agrégés. Dans les deux cas, on enregistre une augmentation des TIC dans le temps. De 1989 à 1998, la production TIC a compté pour un cinquième de la croissance totale du PIB. Depuis 1989, 55% de l'accroissement du capital provient des capitaux investis en TIC; depuis 1994, cette proportion a atteint 90%. L'accroissement du capital dans le secteur des TIC explique 25% de la croissance de la productivité du travail entre 1989-98 et 48% de 1994 à 98. Mais quand bien même on procède à un ajustement de la croissance de la production avec les nouvelles estimations concernant les TIC, on constate un ralentissement tant de la productivité du travail que de la croissance de la PTF (productivité totale des facteurs) après 1994.

1. Introduction 1

L'objet de ce document est de mesurer la contribution des technologies de l'information et des communications (TIC) rapportée à la croissance de la production et de la productivité en utilisant une approche comptable de la croissance. Quatre types de technologies de l'information et des communications sont analysées :

- les ordinateurs
- les logiciels
- les équipements de télécommunications
- les semi-conducteurs (puces)

Les équipements de télécommunications sont inclus car ces dernières années les investissements dans les ordinateurs et les logiciels ont été fortement associés avec le développement des réseaux, à la fois internes aux sociétés (intranets) et externes, sous forme d'internet. Les semi-conducteurs sont inclus car c'est peut-être bien à ce niveau que le progrès technique a alimenté le progrès technique dans le domaine des ordinateurs et des télécommunications. Ceci se résume par l'expression «Loi de Moore » : la tendance au doublement de la densité des puces tous les 18 mois à deux ans.

La raison de la présente étude est l'augmentation frappante de la croissance de la productivité du travail aux Etats-Unis qui s'est produite dans la seconde moitié des années 90. Il est actuellement généralement convenu qu'une grande part de l'augmentation de la production peut être attribuée à la rapidité de la croissance des stocks d'équipements TIC (Bosworth et Triplett, 2000 ; Jorgenson et Stiroh, 2000 ; Oliner et Sichel, 2000 ; DeLong et Summers, 2001). Le boom des investissements TIC a été, à son tour, entraîné par la rapidité de la diminution des prix des ordinateurs, accélérée dans la seconde moitié des années 90. La chute des prix des ordinateurs a été essentiellement due par la rapidité, voire même l'accélération du progrès technique en

1. Cet article est une version condensée d'une version plus longue, Oulton (2001a) dans laquelle sont développés de plus amples explications et arguments, ainsi que des références supplémentaires dans la littérature et des tableaux détaillés. Ma gratitude va à Sushil Wadhwanî pour son soutien, les nombreuses discussions et commentaires utiles échangés. J'ai également bénéficié des remarques de Paul Stoneman (Warwick Business School), de collègues à la Banque d'Angleterre, surtout Ian Bond, Jo Cutler, Jens Larsen et Hasan Bakhshi, et de fonctionnaires de l'Office National des Statistiques, en particulier Prabhat Vaze. Je remercie également Bruce Grimm de la BEA pour ses conseils concernant les estimations portant sur les logiciels aux Etats-Unis, Steve Oliner du Conseil des Gouverneurs de la Réserve Fédérale pour avoir fourni les données sur les prix des semi-conducteurs, et Mary O'Mahony (Institut National de Recherche Economique et Sociale) pour avoir mis à notre disposition les données portant sur les heures ouvrées. Malte Janzarik a apporté une aide précieuse dans la recherche. Aucune de ces personnes ne saurait être blâmée pour les erreurs qui demeurent dans ce travail et dont je suis responsable. Les opinions exprimées ici sont les miennes et

matière de semi-conducteurs (Jorgenson et Stiroh, 2000 ; Oliner et Sichel, 2000). Au Royaume-Uni, en revanche, on assiste, dans la seconde moitié des années 90, à un déclin de la croissance de productivité du travail. Comme les produits de TIC font l'objet d'échanges internationaux intenses, y a-t-il eu un boom comparable des investissements au Royaume-Uni ? Dans l'affirmative, pourquoi cela n'a-t-il pas conduit à une croissance plus rapide de la productivité du travail ?

La perspective de notre article dépasse certaines études qui portent sur le Royaume-Uni (par exemple Kneller et Young, 2001 ; Schreyer, 2000) car il prend en compte aussi bien les logiciels que les matériels². Par ailleurs, il ne vise pas à estimer la contribution de la « nouvelle économie » dans son ensemble. Pour ce faire, il aurait fallu étendre notre champ afin d'y inclure les apports de l'internet, les médias numériques et le commerce électronique. Cet article n'a pas non plus l'ambition de tenir compte d'autres aspects de la « nouvelle économie », tels que les changements intervenus sur le marché du travail et dans la concurrence des produits sur le marché, comme les évoque Wadhvani (2000). Les études qui inscrivent la nouvelle économie dans une perspective historique plus vaste comprennent celles de Gordon (2000) et Crafts (2000).

2. *L'approche comptable de la croissance*

Le cadre employé ici est une comptabilité de la croissance basée en dernière analyse sur Jorgenson et Griliches (1967) ; Jorgenson et Stiroh (2000) constituent un exemple plus récent. C'est en gros le même cadre que propose l'OCDE (2001).⁴

Ne reflètent pas nécessairement celles de la Banque d'Angleterre ou de son Comité de Politique Monétaire.

- 2 L'article dont le champ se rapproche le plus de celui de la présente étude est celui de Davies *et alia* (2000). Ces auteurs présentent pour le Royaume-Uni des estimations de l'effet des technologies de l'information et des communications à la fois sur la production et les contributions agrégées, en utilisant une méthodologie qui s'apparente à celles du présent article. La définition donnée des TI est également similaire. Il y a cependant quelques différences significatives entre leurs estimations et celles qui sont représentées ici. Schreyer (2000) inclut les ordinateurs et les télécommunications mais omet les logiciels. Il utilise des données exclusives pour estimer les stocks. Il fait une estimation de la contribution des TI rapportée aux facteurs de production mais non à la production. Kneller et Young (2001) évaluent l'effet des ordinateurs sur les facteurs de production agrégés, en laissant de côté l'effet des ordinateurs sur la production agrégée, c.à d. en excluant les logiciels et les équipements de télécommunications. Daveri (2000) utilise la même base de données que Schreyer (2000) pour réaliser une analyse comptable de la croissance comportant 18 pays, dont 13, y compris le Royaume-Uni, se trouvent en Europe ; ses comparaisons comprennent également les logiciels.
- 3 Les ordinateurs eux-mêmes sont bien sur loin d'être « neufs ». L'an 2001 verra le 50^{ème} anniversaire du premier ordinateur mis en service commercialement, par J. Lyons et Co. En 1954, on comptait 12 ordinateurs au Royaume-Uni ; ce nombre est passé à 982 en 1964 et à 5470 en 1970 (Stoneman, 1976, page 69, tableau 2.2., page 20).
- 4 Un autre cadre centré sur le concept de « changement technologique spécifique à un investissement » a été proposé par Greenwood *et alia* (1997). La relation entre ce cadre et la comptabilité de la croissance est analysée dans Oulton (2001b).

L'équation fondamentale de la comptabilité de la croissance est :

Croissance de la production agrégée = croissance des facteurs de production agrégés plus croissance du TFP (1)

A son tour, la croissance de la production agrégée est égale à la moyenne pondérée de la part des taux de croissance pour chaque type de production finale réelle. Ici les parts sont la valeur de chaque type de production en tant que proportion du PIB nominal. La croissance des facteurs de production agrégés est une moyenne pondérée d'une part des taux de croissance des facteurs de production individuels. Dans ce cas, les parts sont le revenu attribuable à chaque facteur en tant que proportion du PIB nominal : le raisonnement qui fonde la pondération par parts de revenus est la productivité marginale : les facteurs de production sont supposés être payés selon la valeur de leurs produits marginaux.

La part du travail est seulement la masse salariale en tant que proportion du PIB. Dans le cas d'un apport en capital, les services sont considérés proportionnels au stock de capital. Le stock de n'importe quel type de capital est un investissement cumulé, après amortissement. Au niveau agrégé, la part de capital est la part de profit, soit le profit avant amortissement et imposition en tant que proportion du PIB.

Le contribution de n'importe quel type de production, comme des ordinateurs, rapportée à la croissance du PIB est donc :

Part de la production finale d'ordinateurs dans le PIB *fois*
Le taux de croissance de la production finale d'ordinateurs

Ici la production finale d'ordinateurs (ou d'un type quelconque de production) est définie comme :

Production finale = consommation + investissement + exportations – importations

(Les dépenses de l'Etat sont potentiellement comprises dans toutes ces catégories). Notons que la production finale peut être inférieure à l'investissement au point que la demande intérieure est satisfaite par les importations. Il est concevable que les investissements en TIC soient importants alors que la production finale est restreinte : la TIC peut alors représenter une contribution importante aux facteurs de production agrégés, mais seulement une faible contribution à la production agrégée.

Les ordinateurs apportent également une part aux facteurs de production agrégés car ils sont une forme de capital. La part des ordinateurs dans les facteurs de production agrégés est :

Profit attribuable aux ordinateurs en tant que proportion du PIB *fois*
Taux de croissance des services du stock d'ordinateurs

Les semiconducteurs constituent un produit intermédiaire pour lequel, par définition, consommation et investissement sont nuls. Dans une économie fermée, leur contribution à la fabrication ou à la production serait nulle, si l'on adopte la même démarche. Or le Royaume-Uni est une économie ouverte ; ainsi donc leur contribution à la production est mesurée en tant qu'exportations nettes des importations et peut être négative. Les semiconducteurs produits sur le marché national comportent naturellement un apport indirect à la production s'ils sont incorporés dans d'autres produits de technologie de l'information et des communications. Mais on compterait deux fois les semiconducteurs et les ordinateurs (et les matériels de télécommunication) dont les semiconducteurs forment une partie intégrante.

Les semiconducteurs n'apportent pas une contribution directe aux facteurs de production agrégés. Leur contribution est mesurée implicitement comme une partie des apports à d'autres catégories de TIC.

Productivité du travail et TFP

L'« équation fondamentale » ci-dessus peut se récrire en termes de croissance de la productivité du travail (production horaire) :

Croissance de la production horaire = productivité du capital *plus* croissance du TFP (2)

Où la productivité du capital est la part de capital (part de profit) fois le taux de croissance des services horaires du capital. Notre but est de quantifier les éléments de cette équation

L'échelle des investissements TI

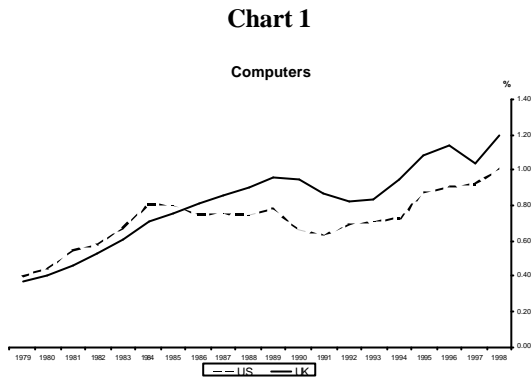
Comparaison États-Unis – Royaume-Uni

A titre d'explication, nous commençons par comparer l'échelle des investissements au Royaume-Uni et aux États-Unis dans les trois catégories d'investissements TIC et dans le total. La comparaison se fait en termes de parts de PIB à prix courants.

Investissements TIC en proportion du PIB (prix courants)

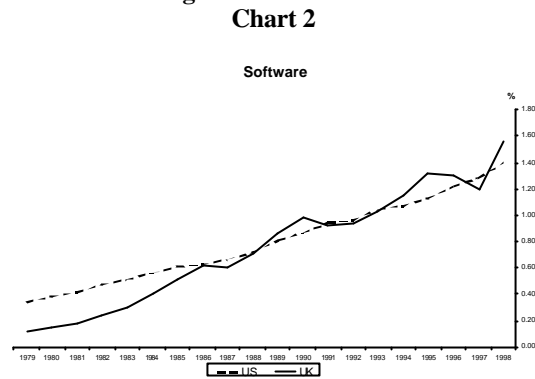
Graphique 1

Ordinateurs



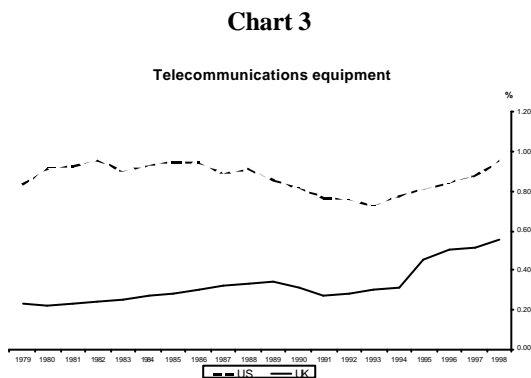
Graphique 2

logiciels



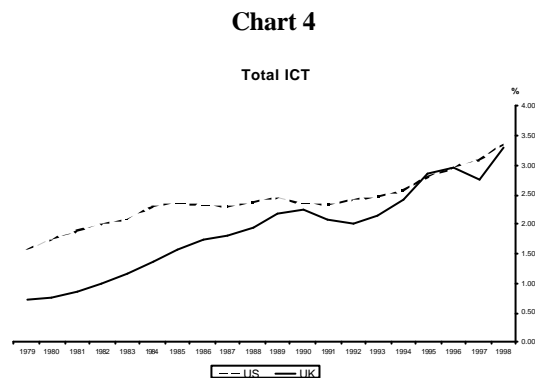
Graphique 3

Matériels télécommunications



Graphique 4

Total TI



Source US NIPA pour les Etats-Unis et calculs propres pour le Royaume-Uni (cf. section 4 ci-dessous)

L'investissement total du Royaume-Uni en TIC dépasse plutôt 3% du PIB et est aussi important que celui des Etats-Unis. Le Royaume-Uni investit relativement davantage dans les ordinateurs et à peu près la même chose dans les logiciels. Au milieu des années 80, le Royaume-Uni a réalisé une convergence dans les deux domaines. Un écart substantiel subsiste encore dans le seul domaine des télécommunications, mais ceci est peut-être dû aux incompatibilités entre les nomenclatures industrielles des deux pays. Il convient de noter deux avertissements. Premièrement, les résultats britanniques en matière de logiciels sont fortement affectés par l'important ajustement opéré sur les chiffres officiels – multiplication par trois – que nous justifions ci-après. Deuxièmement, comme le PIB américain par habitant est substantiellement plus élevé, le résultat serait moins flatteur pour le Royaume-Uni si l'on comparait l'investissement par habitant.

3. *Mesure des technologies de l'information et des communications*

Mes estimations contiennent deux ajustements principaux aux données traitées qui proviennent de l'Office national britannique de la Statistique (ONS)

- J'utilise les indices des prix à la production américains pour les TIC, corrigés des variations de taux de change afin de déflater les investissements et la production britanniques.
- J'affirme que le niveau des investissements en matière de logiciels en prix courants est trois fois plus élevé que les chiffres officiels. Je traite cela comme un ajout à l'investissement total.

Les indices des prix à la production américains pour les TIC ont baissé beaucoup plus rapidement que les indices des prix correspondants au Royaume-Uni qui sont utilisés par l'ONS pour déflater la production et l'investissement. Ainsi, le recours aux indices américains élève nécessairement les taux de croissance de la production et de l'investissement.

Les arguments qui plaident en faveur de l'emploi des indices des prix américains sont triples :

- Les produits de TIC sont intensément échangés sur des marchés extrêmement compétitifs : leurs prix devraient donc atteindre des niveaux semblables dans tous les pays
- Des organismes publics américains comme le Bureau d'analyse économique (BEA) et le Bureau des Statistiques du travail (BLS), ont consacré beaucoup d'études à ce sujet (p.ex. Cole *et alia*, 1987 ; Aizcorbe *et alia*, 2000)
- Les prix de *détail* des ordinateurs (qui font partie de l'Indice harmonisé des prix à la Consommation et l'Indice des Prix de Détail) diminuent à un rythme presque identique que leurs homologues américains, mais beaucoup plus rapide que l'indice des prix à la production britannique. Cela donne à penser qu'il pourrait y avoir un problème avec l'indice des prix à la production.

Deux indices de prix de rechange sont employés pour les logiciels. Le premier est l'indice américain officiel, qui est très conservateur. Le second est un élément prédéfini de l'indice officiel qui baisse plus rapidement. Ceci donne lieu à deux ensembles d'estimations, désignées comme en-dessous des variantes « basses » et « hautes », respectivement.

Les arguments en faveur du triplement de l'investissement pour le logiciel sont encore une fois triples :

- Au Royaume-Uni, l'investissement lié aux logiciels était d'environ 39% de l'investissement concernant les ordinateurs dans les années 90, en s'appuyant sur les chiffres officiels, alors que cet investissement était de 140% de l'investissement pour les ordinateurs aux Etats-Unis. Une si grande différence n'est pas plausible.
 - On observe une différence frappante dans la proportion des ventes de l'industrie des services informatiques qui sont classés dans les investissements dans les deux pays. Aux Etats-Unis, cette proportion était d'environ 60% en 1996, alors qu'elle n'était que de 18% pour le Royaume-Uni.
- (5)

- En ré-examinant l'enquête qui était à la base des séries officielles pour les logiciels et en y ajoutant la mise en oeuvre des méthodes américaines pour l'estimation des « comptes propres », les logiciels se prêtent au moins à un triplement.

Ma méthodologie de mesure des services tirés du capital est différente de celle qu'utilise l'ONS et ceci a aussi une incidence significative sur les résultats. Le stock en capital pour chaque actif est estimé en cumulant l'investissement, l'amortissement étant supposé géométrique aux taux utilisés par le BEA. Pour obtenir le stock agrégé, les actifs sont pondérés ensemble en employant des prix de location, et non les prix des actifs.

4. La contribution de la TIC

La part de la TIC

La part de la production de la TIC dans le PIB à prix courants était de 0.6% en 1979 mais elle a augmenté de manière assez continue depuis pour atteindre, en 1998, 3,1% du PIB : voir graphique 5. La part des ordinateurs a légèrement diminué depuis 1996, mais il faut se souvenir que cette part de la production est influencée par la position commerciale nette qui s'est dégradée. La production de logiciels était de 1,6% du PIB en 1998. Rappelons que cette proportion est trois fois plus importante que celle de l'ONS. La part des semiconducteurs est intégrée au total à partir de 1992 mais n'apparaît pas séparément dans le graphique. Elle était en réalité infime : -0.1% de 1992 à 1998.

L'ajustement de la TI dans la croissance du PIB

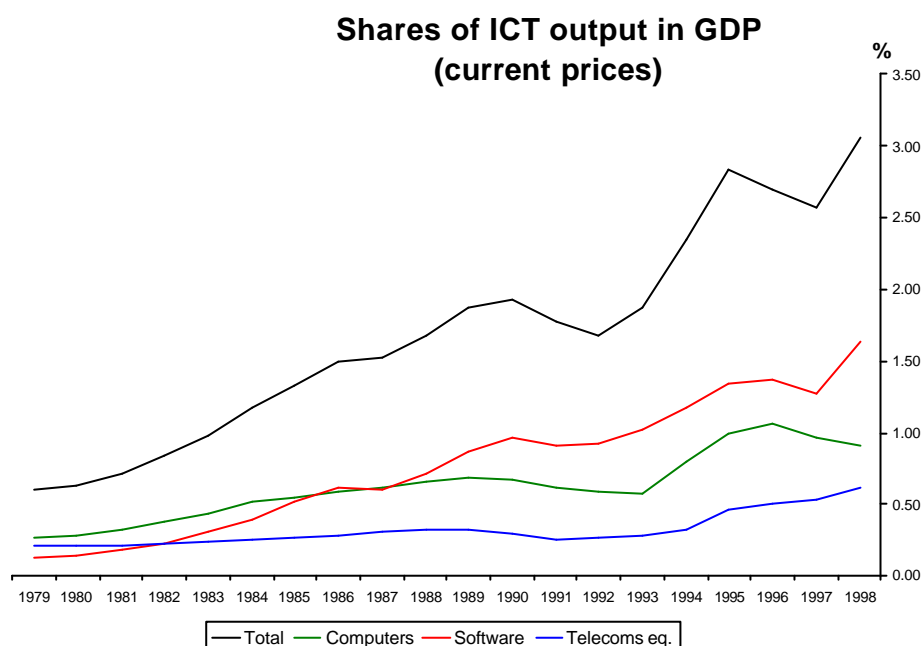
La première question est de savoir de combien les nouvelles estimations de la production de technologie de l'information et des communications modifient les estimations officielles du PIB. Le Tableau 1 montre que la dimension de l'ajustement s'est accrue. En 1994-98, l'effet induit une augmentation du PIB qui se situe en moyenne entre 0,26 et 0,33 points de pourcentage par an. La part des ordinateurs et des logiciels dans le redressement est presque

5 Le Royaume Uni semble également se distinguer des autres pays européens. Lequiller (2001) a comparé la France avec les Etats-Unis. Il constate que le ratio de l'investissement en logiciels par rapport à l'investissement en TIC demeure presque identique dans les deux pays en 1998 (sa page 25 et graphique 5). Il constate également que le ratio des investissements en logiciels rapportés à la consommation intermédiaire de services TIC est substantiellement inférieure en France en comparaison avec les Etats-Unis (page 26-27). Ce ratio est exceptionnellement élevé aux Etats-Unis, mais son graphique 6 montre également qu'il est exceptionnellement bas au Royaume-Uni. En fait le ratio publié pour le Royaume-Uni est bien inférieur à celui de la France, des Pays-Bas, de l'Italie et de l'Allemagne.

égal, alors que celle des télécommunications est réduite. Près de la moitié de l'effet total est due à l'ajustement opéré dans les niveaux des logiciels (cf. Oulton (2001a) pour plus amples détails à ce sujet) 6.

Graphique 5

Part de la production de TIC dans le PIB (prix courants)



Note Semiconducteurs inclus dans le total à partir de 1992 mais non montrés séparément.

6 Vaze (2001) constate des effets un peu moins marqués mais il n'effectue pas le redressement des niveaux de logiciels.

Tableau 1**Effet de l'ajustement de la TIC sur la croissance du PIB (points de pourcentage par an)**

	<i>Logiciel bas</i>		<i>Logiciel haut</i>	
	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>
Redressement Du niveau de Logiciel (facteur x 3)				
1979-89	+0.09	+0.03	+0.14	+0.04
1989-98	+0.21	+0.12	+0.30	+0.15
1989-94	+0.18	+0.12	+0.27	+0.15
1994-98	+0.25	+0.13	+0.33	+0.16

Contribution de la technologie de l'information et des communications à la production agrégée

Une question différente de la première est la suivante ; à condition que ces nouvelles estimations de production soient acceptées, combien la production TIC a-t-elle apporté à la croissance de la production agrégée ? La question trouve sa réponse au Tableau 2 pour la variante haute du logiciel ; les résultats sont similaires pour la variante basse. Le tableau 2 montre qu'en dépit de sa faible part du PIB, la TI a représenté 13% de la croissance de la production en 1979-89 et 21% en 1989-99. En termes absolus, l'apport de la TIC s'inscrit dans une tendance nettement ascendante. En 1994-98, la technologie de l'information et des communication a ajouté en moyenne 0.57 points de pourcentage par an à la croissance du PIB. Le niveau croissant de la contribution de la TIC ne saurait être attribué à une croissance plus rapide de la production de cette technologie dans les années 90 – en fait, la production augmentait plus rapidement dans les années 80- mais plutôt à l'augmentation constante de la part de la TIC (graphique 5).

En raison du rythme phénoménal auquel leurs prix baissent, les semiconducteurs ont le potentiel d'apporter une contribution importante à la croissance de la production. En effet, de 1994 à 1998, les exportations de semiconducteurs ont connu une croissance extraordinaire de 41% par an. Prises isolément, les exportations de ce seul petit secteur auraient apporté 0.38 points de pourcentage par an à la croissance annuelle pour cette période. Mais les importations connaissaient une croissance encore plus vertigineuse de 60% par an, ce qui a réduit la croissance du PIB de 0,49 points de pourcentage par an. L'effet net produit par les semiconducteurs a été de réduire la croissance du PIB de 0.11 points de pourcentage par an.

Tableau 2**Contributions des productions TIC et non-TIC à la croissance du PIB :
moyennes annuelles (variante haute pour les logiciels)**

<i>Période</i>	<i>Non-TIC</i>		<i>TIC</i>		<i>Croissance Du PIB</i>
	<i>Contribution p.p.p.a</i>	<i>Proportion de la crois- sance d.PIB %</i>	<i>Contribution p.p.p.a</i>	<i>Proportion de la crois- sance d.PIB %</i>	<i>%p.a.</i>
1979-89	2.18	86.7	0.33	13.3	2.52
1989-98	1.75	79.3	0.46	20.7	2.21
1989-94	1.08	74.8	0.36	25.2	1.44
1994-98	2.59	81.8	0.57	18.2	3.16

Contribution des TIC aux facteurs de production agrégés

La contribution du capital TIC au taux de croissance du stock de capital agrégé est la part des profits agrégés attribuables au capital TIC multipliée par le taux de croissance de ce capital. Le graphique 6 présente la part de profit tiré des TIC. Elle était de 15% en 1998. Elle a triplé depuis 1979. Puisque la part de profit global n'a guère changé, le graphique 6 retrace la part de profits qui revient aux TIC dans le PIB ; cette part est actuellement d'environ 3% et rejoint la part de la production dans le PIB. Le graphique 7 montre les taux de croissance des services tirés du capital TIC ou non-TIC. La croissance des TIC est beaucoup plus marquée et très volatile. Le graphique 8 présente l'effet de l'intégration de ces redressements dans le stock de capital agrégé. Les estimations ajustées pour intégrer les TIC offrent un profil semblable mais se trouvent uniformément au-dessus de l'estimation de base qui ne tient pas compte des TIC dans l'ajustement. L'ajustement entraîne à l'évidence un effet substantiel sur le taux de croissance agrégé. Comme le montre le Tableau 3, le capital TIC (variante haute pour le logiciel) accusait une croissance de 21.49% par an de 1989-98 alors que le capital non-TIC n'augmentait que de 2.34% par an. Le résultat en est que, par comparaison avec l'estimation de base de 3.13% par an, la variante haute pour le logiciel des services tirés du capital agrégé démontre un taux de croissance beaucoup plus rapide de 4.76% pour la même période.

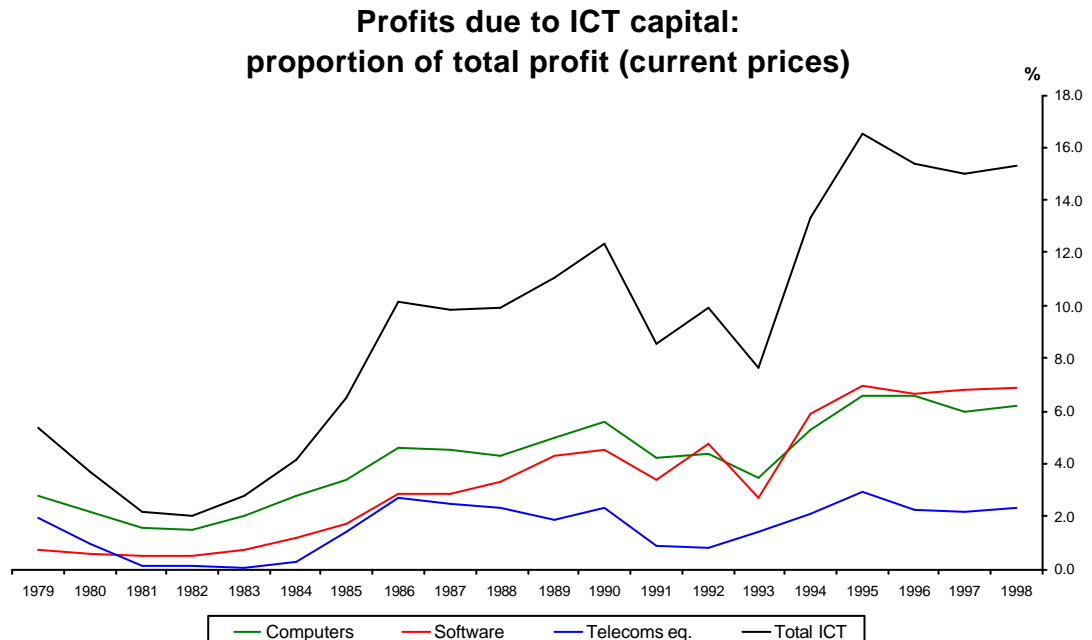
Tableau 3
Croissance des services tirés du capital : TIC, non-TIC et total.

	<i>Sans Technologie</i>	<i>Avec techno (logiciel bas)</i>	<i>Avec techno (logiciel haut)</i>	<i>Services agrégés tirés du capital (logi.bas)</i>	<i>Services agrégés tirés du capital (logi.haut)</i>	<i>Services agrégés tirés du capital (référence)</i>
<i>Période</i>	<i>% annuel</i>	<i>%p.a.</i>	<i>%p.a.</i>	<i>%p.a.</i>	<i>%p.a.</i>	<i>%p.a.</i>
1979-89	2.16	28.19	31.46	3.63	3.84	2.62
1989-98	2.34	17.82	21.49	4.32	4.76	3.13
1989-94	2.62	16.78	21.07	4.05	4.51	3.12
1994-98	2.01	19.11	22.01	4.65	5.08	3.14

Note Les habitations sont exclues de toutes ces séries

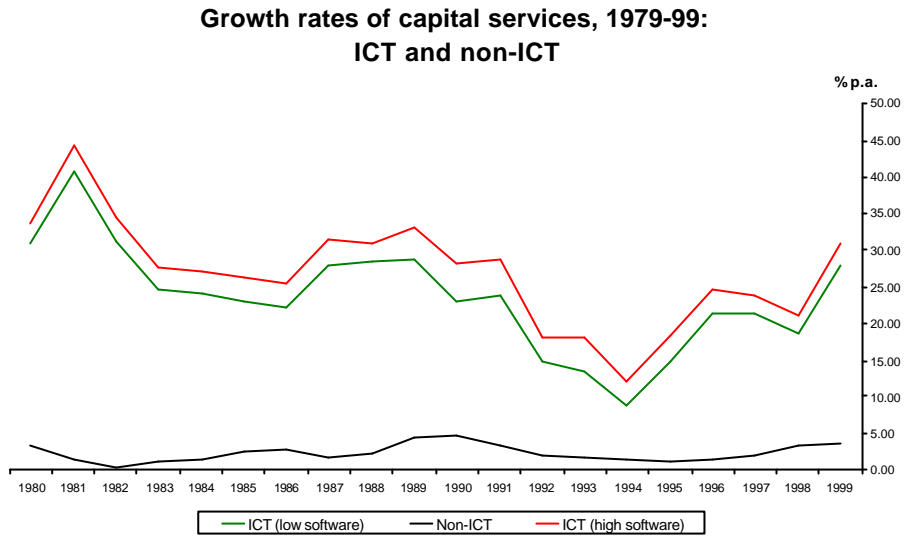
Graphique 6

Profits attribués au capital TIC : proportion du profit total (prix courants)



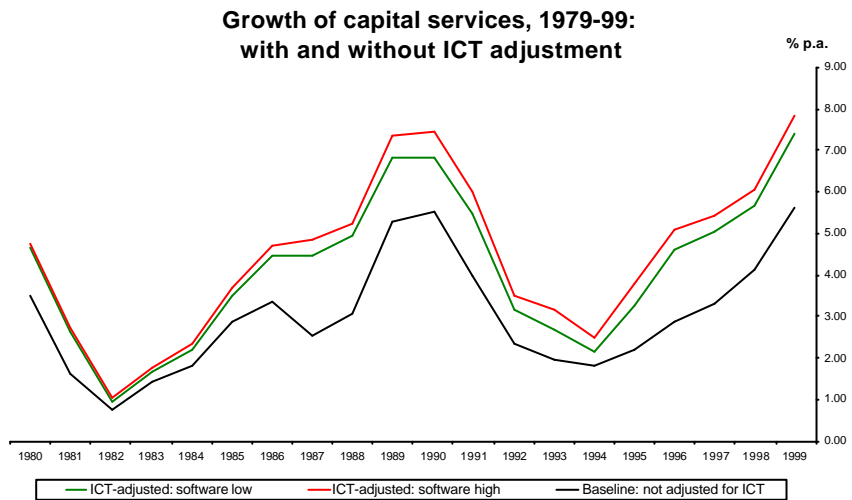
Graphique 7

Taux de croissance des services tirés du capital, 1979-99 : TIC et non-TIC



Graphique 8

Croissance des services tirés du capital, 1979-99 : avec et sans ajustement TIC



Les technologies et la croissance de la PTF

Les ajustements liés aux TIC majorent les taux de croissance à la fois de la production et des services tirés du capital. Il se fait que ces effets sont de dimension assez semblable. D'où l'incidence sur la croissance de la PTF par rapport à une estimation qui ne fait pas d'ajustements pour les TIC, et demeure assez petite. La croissance de la PTF est minorée de 0.11 point de pourcentage par an de 1989-98. Si l'on inclut les ajustements, la croissance de la PTF a été en-dessous de sa moyenne de 1979-98 à partir de 1995.

Croissance de la productivité du travail : contribution du capital TIC et non-TIC et de la PTF

Nous pouvons maintenant évaluer la contribution des TIC sur l'accroissement du capital et donc la croissance de la productivité du travail (production par heure ouvrée), en utilisant une équation (2). Le Tableau 4 présente les montants absolus apportés par l'accroissement du capital à la productivité du capital et de la PTF à la croissance de la productivité du travail sur une base horaire. Nous nous concentrons sur la variante haute pour le logiciel, car les résultats sont similaires dans la variante basse pour le logiciel (et également pour la productivité du travail sur la base de la personne employée).

C'est un fait remarquable que déjà en 1979 les TIC aient contribué près de la moitié de la totalité de l'accroissement du capital : 45% en 1979-89, 55% en 1989-98, et pas moins de 90% en 1994-98. La contribution de la PTF s'est rétrécie tant en proportion qu'en termes absolus

Est-ce que l'ajustement relatif aux TIC change l'image reçue d'un ralentissement de la croissance de la productivité du travail depuis 1995 ? La réponse est négative. Au cours de ces quatre dernières années, la productivité du travail a connu une croissance inférieure à son taux moyen depuis 1979 (de même aussi la PTF).

Tableau 4

Contribution de la productivité du capital et du TFP à la croissance de la production horaire, de 1979 à 1998, par période : montants absolus

<i>Période</i>	<i>Croissance de la prod. horaire</i> %p.a.	<i>Accroissement du capital</i>			<i>PTF</i> p.p.p.a.
		<i>TIC</i> p.p.p.a.	<i>Non TIC</i> p.p.p.a.	<i>Habitations</i> p.p.p.a.	
<i>Logiciel ba</i>					
1979-89	2.75	0.37	0.51	0.17	1.70
1989-98	2.33	0.51	0.49	0.15	1.17
1989-94	3.01	0.40	0.83	0.27	1.51
1994-98	1.47	0.64	0.08	0.00	0.75
<i>Logiciel haut</i>					
1979-89	2.80	0.42	0.51	0.17	1.70
1989-98	2.41	0.61	0.49	0.15	1.16
1989-94	3.10	0.51	0.82	0.27	1.50
1994-98	1.55	0.74	0.08	0.00	0.73

Note Calcul selon l'équation (2)

5. Pourquoi l'effet des technologies n'a-t-il pas été aussi important au Royaume-Uni qu'aux Etats-Unis ?

Il est bien connu que la croissance de la productivité de la main-d'oeuvre aux Etats Unis s'est accélérée dans la seconde moitié des années 90. Jorgenson et Stiroh (2000) et Oliner et Sichel (2000) attribuent cette accélération presque entièrement aux technologies de l'information et des communications. Quelle est la raison pour laquelle on ne constate rien de comparable au Royaume-Uni ? Le Tableau 5 tente d'apporter une réponse à cette question en mettant en regard les données pertinentes de l'étude Oliner – Sichel et les résultats comparables pour le Royaume-Uni. Il nous fournit les accélérations et les décélérations qui sont intervenues dans les deux pays entre la première et la seconde moitié les années 90. Les périodes visées dans les deux études ne sont pas identiques mais sans doute assez proches pour nos besoins.

La croissance de la productivité du travail était en fait plus élevée au Royaume-Uni jusqu'en 1994-95. Ceci n'a rien de surprenant puisque le niveau de productivité britannique avait toujours été considérablement plus bas (O'Mahony, 1999). Les deux pays ont vu une amélioration dans la première moitié des années 90. Mais dans la seconde moitié, la productivité américaine connaît une accélération alors que se produit le contraire au Royaume Uni. Il convient de remarquer que la croissance de la production s'accélère dans les deux pays, la différence résidant dans le comportement de l'apport du travail (heures).

Concernant les facteurs de production, l'apport de capital TIC augmente dans les deux pays mais est moindre qu'au Royaume-Uni. Dans la période la plus récente, la contribution britannique était d'environ 67% de celle des Etats-Unis. La raison principale de la plus faible contribution TIC au Royaume-Uni n'est pas liée à une plus faible croissance des apports TIC mais plutôt au fait que leurs parts de revenus sont plus réduites : lors de la période la plus récente, la part agrégée d'TIC est de 3.6% au Royaume-Uni par rapport à 6.3% aux Etats-Unis (cf. Oulton 2000a, Tableau 11).

Une partie du ralentissement de la productivité peut s'expliquer par une baisse de l'apport de capitaux autres (une baisse de 1.02 point de pourcentage par an). Une évolution parallèle de ce genre n'existe pas aux Etats-Unis où les capitaux autres ne représentent qu'une faible contribution pendant toute la durée des années 90. L'élément le plus surprenant du Tableau 5 est que la croissance de la PTF est tombée de 0.76 point de pourcentage par an au Royaume-Uni alors qu'elle augmentait de 0.55 point de pourcentage par an aux Etats-Unis. Jusqu'en 1994-95 la croissance de la PTF, comme celle de la productivité de la main-d'oeuvre, ont été beaucoup plus fortes au Royaume-Uni. Selon Oliner et Sichel, une raison partielle de l'augmentation de la croissance de la PTF agrégée américaine est que la croissance de la PTF s'est faite dans les industries informatiques et les semiconducteurs. Ils constatent également une accélération de la croissance de la PTF dans le secteur industriel non agricole. Une augmentation de la croissance de la PTF dans le secteur TIC semble probablement avoir été un phénomène mondial, duquel aurait bénéficié le Royaume-Uni, mais dans une moindre mesure que les Etats-Unis. Le ralentissement de la croissance agrégée de la PTF au Royaume-Uni devient alors encore plus énigmatique.

Tableau 5
Accélération/décélération de la productivité dans la seconde moitié des années 90 :
Une comparaison Etats-Unis et Royaume-Uni (points de pourcentage par an)

	<i>Etats-Unis</i> 1995-99/1990-95	<i>Royaume –Uni</i> 1994-98/1989-94
Croissance de la production horaire	+1.04	-1.54
Croissance de la production	+2.07	+173
Contribution de :		
Capital TIC	+0.45	+0.24
Autre capital	+0.03	+1.02
PTF et qualité du travail	+0.55	-0.76
Eléments pour mémoire		
Part du revenu TIC (%PIB)	+1.00	+1.48
Taux de croissance de facteurs(%p.a.)		
Ordinateurs	+18.40	+9.78
Logiciels	+0.30	-5.20
Télécommunications matériels	+3.60	+4.86

Note Les chiffres pour les Etats-Unis concernent le secteur des entreprises non agricoles, ceux du Royaume-Uni se réfèrent à l'ensemble de l'économie (variante basse pour les logiciels). Pour le Royaume-Uni, le capital autre comprend les habitations. Les parts de revenus sont les profits attribuables à chaque actif en tant que proportion du PIB.

Source US : Oliner et Sichel(2000), Tableaux 1 et 2. UK : Oulton (2001a).

Une explication possible est que le taux de rentabilité de l'investissement TIC a été plus faible que celui d'autres actifs contrairement à l'hypothèse contenue dans notre méthode (cf. section

2) Le résultat en serait que nous avons surestimé la contribution du capital TIC, et en fait le capital en général, en accordant un poids trop important à la partie du stock de capital qui a la croissance la plus rapide. Le corollaire serait que nous avons sous estimé la croissance de la PTF. Notons que l'argument contraire est fréquemment invoqué : la contribution des TIC est plus importante que la comptabilité de la croissance ne l'autorise (affirme-t-on) puisque les externalités de réseau générées par les investissements TIC sont, à tort, ramassées dans la PTF . Une autre possibilité serait que les investissements TIC aient induit des coûts de reconversion importants que ne permettent pas notre méthode (Kiley, 1999), auquel cas nous pourrions nous attendre en temps voulu à une reprise de la croissance mesurée du TFP. Une autre explication du ralentissement serait des conditions particulières de fabrication, par exemple une livre forte, en particulier pour la période 1995-98. Les chiffres officiels de croissance de la productivité de la main-d'oeuvre indiquent certainement un ralentissement beaucoup plus prononcé à ce niveau que dans le reste de l'économie.

6. *Quelle sera l'ampleur de la contribution TIC à l'avenir ?*

Jorgenson et Stiroh (2000) et Oliner et Sichel (2000) affirment tous que l'accélération de la croissance de la productivité aux Etats-Unis a été entraînée par une accélération du progrès technique dans l'industrie des semiconducteurs, ce que du moins Oliner et Sichel traitent comme une accélération de la PTF dans ce secteur. Ceci donne à penser que pour évaluer la contribution future de la TIC il faudra prévoir le progrès technique dans ce secteur crucial : la loi de Moore continuera-t-elle à tenir ?

Il y a un autre aspect de nature plus économique. Comme il a été énoncé plus haut, la contribution à la croissance de la production de tout secteur est sa part du PIB (en prix courants) multipliée par le taux de croissance de sa production finale. Si la part de production est de 3% par an et que la croissance en volume est de 20% par an, alors la contribution à la croissance du PIB est de 0.6 point de pourcentage par an, ce qui est substantiel. Mais imaginons une baisse des prix annuelle de 30%. Alors la part du PIB baisse également et sera inférieure à 3% (en fait environ 2.7%). Donc même si les prix continuent à baisser pour atteindre 30% et les volumes augmentent de 20%, la contribution à la croissance du PIB diminuera de manière constante et se rapprochera de zéro.

Du côté des facteurs de production, une remarque semblable s'applique. Ici la contribution de capital TIC à la croissance des facteurs de production agrégés est la part dans le PIB des profits attribuables au capital TIC, multipliée par le taux de croissance du capital TIC. Quelle que soit la rapidité avec laquelle le stock de capital augmente, la contribution du capital TIC aux facteurs de production agrégés tendra vers zéro si la part des profits tend vers zéro.

Il semble tout à fait plausible qu'initialement, quand les prix baissent, il y ait une phase dans laquelle la part des dépenses augmentent, c.-à-d. la demande est élastique. Mais à terme, quand les prix continueront à baisser, la demande deviendra inélastique, de sorte que la part diminuera. C'est tout juste le schéma qu'implique la courbe linéaire de la demande dans les manuels. Donc le fait que la part TIC du PIB ait augmenté n'implique pas automatiquement qu'elle continuera à le faire.

Cependant l'industrie des logiciels n'a jusqu'à présent pas réussi à inventer de nouvelles utilisations pour les ordinateurs. On pourrait en fait dire que les développements des industries des logiciels, des ordinateurs et des semiconducteurs se renforcent mutuellement. De nouveaux logiciels tels ceux qui permettent le graphisme, sont un défi pour le matériel et augmentent la demande de machines plus sophistiquée. Avec ces machines, il devient rentable de développer des logiciels capables d'utiliser la puissance mise sur le marché.

Par ailleurs, du point de vue du Royaume Uni, une diminution éventuelle de la part de revenu de l'TIC a peu de chances d'intervenir dans un avenir immédiat : comme nous venons de le voir, cette part ne représente qu'environ deux tiers du niveau américain. De tout ce qui précède nous pouvons dire que la contribution de TIC à la croissance au Royaume-Uni, que ce soit du côté de la production ou de celui des facteurs de production poursuivra probablement sa croissance, une fois que quelques difficultés actuelles auront été surmontées ⁷

7. Conclusions

Les principales conclusions sont :

- ° Sur la base des nouvelles estimations de la production et des investissements TIC présentés ici, on constate que la croissance du PIB a été considérablement sous-estimée. De 1994 à 1998, accepter les nouvelles estimations ajouterait entre 0.25 et 0.33 points de pourcentage par an au taux de croissance.
- ° La part de la production TIC dans le PIB a augmenté assez régulièrement mais n'a atteint que 3% En dépit de cela, la croissance de la production TIC a représenté environ un cinquième de la croissance du PIB de 1989 à 1998.
- ° Du côté des facteurs de production, près de la moitié de la croissance des services tirés du capital est attribuable à la croissance du capital TIC depuis 1979. Depuis 1989, 55% de l'accroissement du capital (croissance des services tirés du capital par heure ouvrée) ont été apportés par le capital TIC. De 1994 à 1998, le capital TIC a représenté le chiffre remarquable de 90% en accroissement de capital.

⁷ Baily (200&) et DeLong et Summers (2001) expriment un point de vue semblable sur les Etats-Unis

° La proportion de croissance de la productivité du travail attribuable à la croissance du capital TIC par unité de travail est en augmentation. L'accroissement du capital TIC a représenté 25% de la production horaire en 1989-98 et 48% en 1994-98.

° En dépit des ajustements en matière d'TIC, un ralentissement du taux de croissance de la productivité du travail persiste. Une partie de ce ralentissement peut être attribué à une baisse de la contribution de capital non- TIC mais une partie est due à un ralentissement de la croissance de la PTF, dont les raisons demeurent pour l'heure mystérieuses. En revanche, l'accélération de la productivité du travail américaine s'est accompagnée d'une croissance PTF accrue (à la fois dans les secteurs TIC et les secteurs non-TIC de l'économie).

L'image qui se dessine pour le Royaume-Uni comporte des similitudes avec l'expérience américaine. On n'assiste pas à l'émergence soudaine d'une nouvelle économie. La TIC existe depuis toujours mais son impact a connu une croissance constante ; elle n'est devenue prédominante que depuis peu. La TIC s'est démarquée par l'investissement et l'accumulation de capital et non par la PTF. A la différence des Etats-Unis il n'y a pas eu de poussée de croissance de PTF, mais plutôt un ralentissement. Puisque la part de revenu de la TIC au Royaume-Uni, bien qu'en voie d'augmentation, ne représente encore que deux tiers de celle des Etats-Unis, on peut s'attendre à voir la contribution du capital TIC dans la croissance économique poursuivre son ascension, une fois que les difficultés courantes auront été surmontées.

Le présent article a présenté une démarche agrégée. Mais afin d'avoir une meilleure compréhension du rôle de la TIC, il est nécessaire de ventiler les estimations agrégées de la productivité du capital et de la PTF par secteur. Nous savons que l'investissement en TIC est fortement biaisé dans les secteurs des services, comme les services financiers et les services aux entreprises. La compréhension de la manière dont l'investissement dans ces secteurs génère la croissance de la productivité au niveau de l'ensemble de l'économie est une mission importante pour la recherche future.

References

- Aizcorbe, A., Corrado, C. and Doms, M. (2000). "Constructing price and quantity indices for high technology goods". Mimeo. Washington, D.C.: Board of Governors of the Federal Reserve.
- Baily, M.N. (2001). "Macroeconomic implications of the new economy". Paper prepared for the symposium on "Economic Policy in the Information Economy", sponsored by the Federal Reserve Bank of Kansas City, in Jackson Hole, Wyoming, August 30th-September 1st, 2001.
- Bosworth, B.P. and Triplett, J.E. (2000). "What's new about the new economy? IT, economic growth and productivity". Mimeo. Brookings Institution.
- Cole, R., Chen, Y.C., Barquin-Stolleman, J.A., Dulberger, E., Helvacian, N. and Hodge, J.H. (1986). "The application of a hedonic model to a quality-adjusted price index for computer processors". *Survey of Current Business*, 66 (January), 41-50.
- Crafts, N. (2000). "The Solow productivity paradox in historical perspective". Mimeo.
- Davies, G., Brookes, M., and Potter, S. (2000). "The IT revolution — new data on the global impact". Goldman Sachs, *Global Economics Weekly*, Issue No. 00/37, 18th October 2000.
- Daveri, F. (2000). "Is growth an information technology story in Europe too?" University of Parma and IGIER. Mimeo.
- DeLong, J.B. and Summers, L.H. (2001). "The 'new economy': background, questions, and speculations". Paper prepared for the symposium on "Economic Policy in the Information Economy", sponsored by the Federal Reserve Bank of Kansas City, in Jackson Hole, Wyoming, August 30th-September 1st, 2001.
- Gordon, R.J. (2000). "Does the "new economy" measure up to the great inventions of the past?". *Journal of Economic Perspectives*, 14 (Fall), 49-74.
- Greenwood, J., Hercowitz, Z. and Krusell, P. (1997). "Long-run implications of investment-specific technological change". *American Economic Review*, 87(3), 342-362.
- Jorgenson, D.W., and Griliches, Z. (1967). "The explanation of productivity change". *Review of Economic Studies*, 34, 249-283.
- Jorgenson, D.W., and Stiroh, K.J. (2000). "Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age". *Brookings Papers on Economic Activity*, 1, 125-211.
- Kiley, M.T. (1999). "Computers and growth with costs of adjustment: will the future look like the past?". Washington, D.C.: Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Kneller, R. and Young, G. (2001). "The new British economy". *National Institute Economic Review*, No. 177 (July), 70-84.
- Lequiller, F. (2001). "The new economy and the measurement of GDP growth". INSEE, working paper no. G 2001 / 01, Paris.
- OECD (2001). *OECD Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry-Level and Aggregate Productivity Growth*. Paris.
- Oliner, S.D. and Sichel, D.E. (2000). "The resurgence of growth in the late 1990s: is information technology the story?". *Journal of Economic Perspectives*, 14, Fall, 3-22.
- O'Mahony, M. (1999). *Britain's Productivity Performance 1950-1996: An International Perspective*. London: National Institute of Economic and Social Research.

- Oulton, N. (2001a). "ICT and productivity growth in the UK". Bank of England Working Paper No. 140. Available at <http://www.bankofengland.co.uk>.
- Oulton, N. (2001b). "Investment-specific technological progress and growth accounting". Bank of England. Mimeo.
- Schreyer, P. (2000). "The contribution of information and communication technology to output growth: a study of the G7 countries". STI Working Paper 2000/02. Paris: OECD.
- Stoneman, P. (1976). *Technological Diffusion and the Computer Revolution: the UK Experience*. University of Cambridge Department of Applied Economics Monographs: 25. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vaze, P. (2001). "ICT deflation and growth: a sensitivity analysis". *Economic Trends*, No. 572 (July), 45-52.
- Wadhvani, S. (2000). "Monetary challenges in a new economy". Speech delivered to the HSBC Global Investment Seminar, 12th October 2000. Reprinted in *Bank of England Quarterly Bulletin*, 40 (November), 411-421.