Sur le caractère inadéquat du “résidu de Solow » et la sous-estimation des progrès de productivité

Gilbert Abraham-Frois
MODEM, Université Paris-X-Nanterre
Gilbert.Abraham-Frois@u-paris10.fr

Résumé :

Le “résidu de Solow” (1957) est une mesure largement utilisée des progrès de productivité. Cette contribution propose une vision critique de la méthode standard et quelques propositions d'amélioration des procédures habituelles. Après avoir présenté les explications de Triplett du « paradoxe de Solow », on indiquera, reprenant la critique de Hall (1989) que le résidu est “contaminé par la demande”. En outre, il apparaît essentiel de prendre en compte les « interdépendances sectorielles », les détours de production qui sont ignorés dans la méthodologie habituellement retenue ; on rappellera à ce propos la procédure de Domar et la règle d'agrégation de « Domar-Hulten » qui n'est que partiellement utilisée dans les études contemporaines. On s'interrogera sur la « mesure Harrod-Robinson-Read » qui, à partir d'une critique qui paraît fondée de l'approche habituelle propose (travaux de Rymes et Cas et Rymes) une ré-évaluation qui paraît cependant non pertinente. Ce point étant éclairci, on montrera l'intérêt des approches “duales” des gains de productivité sectoriels, prenant en compte l'approche par les prix (et non par les quantités) et on mettra en évidence l'importance des transmissions inter-sectorielles et internationale des gains de productivité

"You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics"
Robert Solow, New York Review of Books, july 1987

On partira de la citation de Solow puisque les ordinateurs constituent une illustration récente et magnifiquement éclairante des difficultés d'évaluation des conséquences des innovations. Celles-ci sont difficiles à évaluer et le "résidu de Solow" (1957) est une mesure largement utilisée des progrès de productivité. Est-ce que cette mesure est pertinente ? . Ce problème sera abordé en plusieurs temps

- Les explications de Triplett du « paradoxe de Solow »
- Un résidu "contaminé par la demande": la critique de Hall
- "Détours de production" et intégration: la procédure de Domar
- Intégration complexe et problèmes d'agrégation: la règle de Domar-Hulten
- A propos de la « mesure Harrod-Robinson-Read »
- Les approaches "duales" des gains de productivité sectoriels
- Les transmissions des gains de productivité

Les explications de Triplett du « paradoxe de Solow »

La phrase de Solow, qui a maintenant plus de 15 ans est souvent citée. Est-ce un paradoxe ? ou l'évaluation des gains de productivité est-elle défectueuse ? En 1999, Triplett passe en revue les explications les plus répandues du « paradoxe de Solow ». Rappelons ici les points principaux de ce papier :

1. *You don't see computers 'everywhere', in an meaningful economic sense.* Computers and information processing equipment are a relatively small share of GDP and of the capital stock.
2. *You only think you see computers everywhere.* Government hedonic price indexes for computers fall 'too fast', according to this position, and therefore measured real computer output growth is also 'too fast'.
3. *You may not see computers everywhere, but in the industrial sectors where you most see them, output is poorly measured.* Examples are finance and insurance, which are heavy users of information technology and where even the concept of output is poorly specified.
4. *Whether or not you see computers everywhere, some of what they do is not counted in economic statistics.* Examples of consumption on the job, convenience, better user-interface; and so forth.
5. *You don't see computers in the productivity statistics, but wait a bit and you will.* This is the analogy with the diffusion of electricity; the idea that the productivity implications of a new technology are only visible with a long lag.
6. *You see computers everywhere but in the productivity statistics because computers are not as productive as you think.* Here, there are many anecdotes, such as failed computer system design projects, but there are also assertions from computer science that computer and software design has taken a wrong turn.
7. *There is no paradox*: *some economists and new products on an arithmetic scalre when they shoud count on a logarithmic scale.*

Mais n'y a-t-il pas des problèmes méthodologiques dans l'évaluation de ces progrès de productivité ?

Un résidu "contaminé par la demande » : la critique de Hall (1989)

Avec une fonction de production Cobb-Douglas $Y = H_t K^{\alpha} L^{1-\alpha}$ et les hypothèses habituelles, i.e concurrence parfaite et rendements d'échelle constants, le « résidu de Solow » $\lambda = \frac{\dot{H}}{H}$ s'obtient traditionnellement sans difficulté :

$$\lambda = g - \alpha \frac{\dot{K}}{K} - (1-\alpha)\frac{\dot{L}}{L}.$$

En concurrence imparfaite , le prix n'est plus égal au coût marginal *Cm*, mais au coût marginal *plus* une marge, disons θ qui est fonction de l'élasticité prix de la demande :

$$\varepsilon = -\frac{dQ/Q}{dp/p}.$$

La recette totale d'une firme *R* étant le produit de la quantité vendue Q par prix $p = p(Q)$, (ce dernier dépendant des ventes en concurrence imparfaite), soit $R = Qp(Q)$.

La recette marginale est alors définie par :

$$R_m = dR/dQ = p + Q\,dp/dQ = p\left[1 + \frac{Q}{p}\frac{dp}{dQ}\right] = p\left[1 - \frac{1}{\varepsilon}\right].$$

Le profit étant maximisé lorsque le prix est égal au coût marginal, soit :

$$C_m = p\left[1 - \frac{1}{\varepsilon}\right].$$

Il vient $p = \theta C_m$ avec $\theta = \frac{1}{1 - 1/\varepsilon}$.

Venons en maintenant au coût total C_T écrit de façon usuelle

$$C_T = \rho_t K_t + w_t L_t.$$

Le coût marginal est défini par Hall de façon usuelle: $C_m = dC_T/dQ$;

D'où la formulation assez inhabituelle: $C_m = \frac{dC_T}{dt} \Big/ \frac{dQ}{dt}$, et

$$C_m = \frac{dC_T}{H_t dF(K_t L_t)} = \frac{\rho_t \dot{K}_t + w_t \dot{L}_t}{\dot{Q}_t - \lambda Q_t}.$$

λQ_t est interprété par Hall comme un ajustement rendant compte de la croissance de la production indépendant de la croisance des inputs de capital et de

En prenant en compte l'équation de prix, on obtient: $p_t = \theta \frac{\rho_t \dot{K}_t + w_t \dot{L}_t}{\dot{Q} - \lambda Q_t}$ et donc :

$$\frac{\dot{Q}_t}{Q_t} - \lambda = \theta\left[\frac{\rho_t K_t}{p_t Q_t}.\frac{\dot{K}_t}{K_t} + \frac{w_t L_t}{p_t Q_t}.\frac{\dot{L}_t}{L_t}\right] = \theta\left[\alpha \frac{\dot{K}_t}{K_t} + \beta \frac{\dot{L}_t}{L_t}\right]$$

où α et β sont les parts (observables) du capital et du travail dans le PNB . En situation de rendements d'échelle croissants $\alpha + \beta > 1$.

Introduisons une nouvelle variable $z = \theta(\alpha + \beta) > 1$, produit du taux de marge par l'expression des rendements d'échelle. L'équation précédente devient alors:

$$\frac{\dot{Q}_t}{Q_t}-\lambda=\theta\alpha\frac{\dot{K}_t}{K_t}+(z-\theta\cdot\alpha)\frac{\dot{L}_t}{L_t}=\theta\alpha\left[\frac{\dot{K}_t}{K_t}-\frac{\dot{L}_t}{L_t}\right]+z\frac{\dot{L}_t}{L_t}.$$

et après ré-arrangement

$$\frac{\dot{Q}_t}{Q_t}-\alpha\frac{\dot{K}_t}{K_t}-(1-\alpha)\frac{\dot{L}_t}{L_t}=\lambda+\alpha(\theta-1)\left(\frac{\dot{K}_t}{K_t}-\frac{\dot{L}_t}{L_t}\right)+(z-1)\frac{\dot{L}_t}{L_t}.$$

Regardons plus précisément cette dernière formulation:

Le “résidu de Solow”, autrement dit la “productivité totale des facteurs” est habituellement évaluée en prenant en compte le membre de gauche de cette expression.

Il apparaît clairement qu’un tel calcul ne donne pas une évaluation correcte de λ. Ce qui est calculé ainsi est un « résidu contaminé par la demande », dépendant des rendements d’échelle, des taux de marge et de la croissance relative des deux inputs, le travail et le capital.

Ce n’est que dans le cas très particulier de rendements d’échelle constants et de perfection de la concurrence, qui implique $\theta = z = 1$, que l’on obtient la formulation habituelle, soit :

$$\frac{\dot{Q}_t}{Q_t}-\alpha\frac{\dot{K}_t}{K_t}-(1-\alpha)\frac{\dot{L}_t}{L_t}=\lambda.$$

D’où une première conclusion: le résidu de Solow, “contaminé par la demande” ne peut rendre compte des conséquences d’innovations de type “schumpeterien” caractérisées par la croissance des rendements d’échelle et l’imperfection de la concurrence

“Détours de production” et sous-estimation des progrès de productivité sectoriels: la procédure de Domar

Envisageons la méthode proposée par Domar permettant de rendre le “résidu” invariant à l’agrégation et à l’intégration des firmes, des industries, des secteurs.

Cas (1). *Agrégation simple: biens finals uniquement.*

Supposons un secteur composé de deux industries intégrées produisant seulement des biens finals :

$Y_1 = A_1 L_1^{\alpha 1} K_1^{\beta 1}$ and $Y_2 = A_2 L_2^{\alpha 2} K_2^{\beta 2}$

Domar note que pour agréger ces industries on doit décider (1) de la pondération à retenir (2) de la manière de les utiliser.

Le premier choix est simple car les trois pondérations suggérées par la raison et/ou l’habitude – la valeur de la production, la valeur de sa production finale et la valeur ajoutée sont ici identiques. En conséquence, les pondérations sont:

$v_1 = \dfrac{y_1}{y_1 + y_2}$ and $v_2 = \dfrac{y_2}{y_1 + y_2}$

où chaque *y* indique la valeur du *Y* correspondant dans la période de base. Appliqués aux indices géométriques, les pondérations sont utilisées comme exposants. Il apparaît alors que $\overline{A}$, le taux de croissance du résidu pour la totalité du secteur s'écrit

$$\overline{A} = v_1 \overline{A}_1 + v_2 \overline{A}_2$$

savoir la moyenne arithmétique pondérée des $\overline{A}$ de ses composants, avec pour poids les parts relatives des valeurs des productions des différentes composantes, ou, à ce stade, des valaurs des productions finales, ou des valeurs ajoutées

D'où une seconde conclusion: ***quand on limite l'analyse à la prise en compte de secteurs composés d'industries intégrées produisant seulement des biens finals, la règle d'agrégation découlant des mesures « Soloviennes » traditionnelles reste pertinente***

Cas (2) *Intégration simple avec des détours de production*

Envisageons le cas d'un secteur consistant
a) d'une part d'une industrie produisant des biens finals à partir de capital, de travail *et de matières premières R*:

$$Y_1 = A_1 L_1^{\alpha 1} K_1^{\beta 1} R_2^{\gamma 1}$$

b) et d'autre part d'une industrie complètement intégrée produisant les matières premières

$$R_2 = A_2 L_2^{\alpha 2} K_2^{\beta 2}$$

Par substitution, on forme une industrie complètement intégrée qui regroupe l'intégralité du secteur; par le processus habituel consistant à prendre les logarithmes et en différenciant par rapport au temps, il vient:

$$\overline{A} = \overline{A}_1 + \gamma_1 \overline{A}_2$$

Si R_2 utilise R_3 comme matière première, qui à son tour utilisait R_4, et ainsi de suite, toutes ces productions appartenant à un secteur unique et ainsi de suite, avec des poids correspondants γ_2 et γ_3, etc.., alors:

$$\overline{A} = \overline{A}_1 + \gamma_1 \overline{A}_2 + \gamma_1 \gamma_2 \overline{A}_3 + \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \overline{A}_4 + ...$$

En notant *r* la valeur du *R* correspondant dans la période de base, on obtient:
$\gamma_1 = r_2/y_1$, $\gamma_1\gamma_2 = r_3/y_1$, $\gamma_1\gamma_2\gamma_3 = r_4/y_1$, *etc...*

En consequence:

$$\overline{A} = \overline{A}_1 + \frac{r_2}{y_1}\overline{A}_2 + \frac{r_3}{y_1}\overline{A}_3 + \frac{r_4}{y_1}\overline{A}_4$$

Si on suppose maintenant que les produits R_2 et R_3 appartiennent encore à ce secteur (le drap et le fil dans la production) mais que R_4 (coton) n'y appartient pas. Le taux de croissance du « résidu » est alors réduit :

$$\overline{A} = \overline{A}_1 + \frac{r_2}{y_1}\overline{A}_2 + \frac{r_3}{y_1}\overline{A}_3$$

Dans un tel exemple, la valeur de la production *finale* du secteur y_1 diffère d'abord de la valeur totale de sa production $y_1 + r_2 + r_3$, et, en second lieu, de sa valeur ajoutée $y_1 - r_4$.

D'où la proposition de Domar: le taux de croissance du "résidu" pour l'ensemble du secteur est égal à la somme des $\overline{A}$ des industries constituantes, chaque $\overline{A}$ étant pondéré par le *rapport de la valeur de la production de l'industrie lui correspondant à la valeur de la production finale du secteur* (dans la période de base). Les $\overline{A}$ de l'industrie combinée (disons filature-tissage-vêtement) doit être une moyenne pondérée des $\overline{A}$*'s* des différents constituants, **la somme des pondérations *(1 + r_2/y_1 + r_3/y_1) étant supérieur à l'unité…***

D'où la troisième conclusion: les traitements habituels ne prennent pas en compte les détours de production et sous-estiment les progrès de productivité sectoriels

Intégration complexe et agrégation : la règle Domar-Hulten

Cas (3) *Industrie utilisant une partie de sa propre production comme input*

Ce peut être le cas d'une mine de charbon utilisant une partie du charbon produit comme combustible. Revenons au cas (2) précédent et supposons que les matières premières deviennent de plus en plus semblables les unes par rapport aux autres de telle sorte que leurs équations soient très semblables à celles données pour Y_1 dans l'équation précédente. Par intégration dans Y_1 on obtiendra une induststrie complètement intégrée avec une équation de production :

$$Y_1 = A_1^{\frac{1}{1-\gamma 1}} L_1^{\frac{\alpha 1}{1-\gamma 1}} K_1^{\frac{\beta 1}{1-\gamma 1}}$$

tandis que le taux de croissance du résidu devient:

$$\overline{A} = \overline{A}_1 \, (1+\gamma_1+\gamma_1^2+\gamma_1^3+.....) = \frac{\overline{A}}{1-\gamma_1}$$

Par ailleurs, envisageons le cas où notre industrie (la mine de charbon) doit être agrégée à une autre (mine de cuivre): dans ce cas, en utilisant la règle précédente, la **pondération** retenue pour la première est y_1, soit la production de *biens finals* dans la période base et **non pas** $y_1 + r_2 + r_3 + \ldots$,valeur de sa *production totale.* La Règle d'agrégation doit en conséquence être modifiée comme suit

Le taux de croissance du résidu pour l'ensemble du secteur est égal à la somme pondérée des $\overline{A}$ des industries constituant le secteur, la pondération étant déterminée par le rapport de la valeur du produit final *du point de vue de l'industrie* (i.e livré hors de l'industrie) à la valeur de produit *final du point de vue du* secteur (i.e livré à l'extérieur du secteur)

Ainsi apparaît une symétrie logique de la règle: le numérateur et le dénominateur de chaque pondération sont les valeurs des produits finals mais le numérateur est final du point de vue du constituant alors que le dénominateur l'est du point de vue du secteur entire. Au fur et à mesure que les industries sont agrégées en secteurs (la boulangerie et les produits laitiers dans le secteur « alimentation » par exemple),les pondérations sont modifiées en conséquence

Cas (4): Industries utilisant comme inputs une partie de la production des autres

Soit un secteur composé d'une mine de charbon

$$Y_1 = A_1 L_1^{\alpha 1} K_1^{\beta 1} Y_{21}^{\gamma 1}$$

et d'une centrale électrique

$$Y_2 = A_2 L_2^{\alpha 2} K_2^{\beta 2} Y_{12}^{\gamma 2}$$

où Y_{21} indique la puissance utilisée par la mine et Y_{12} le charbon utilisé par la centrale. La valeur de la production finale de la mine est y_1; celle de la centrale est y_2; et la valeur de la production finale du secteur est $y_1 - y_{12} + y_2 - y_{21}$. L'application directe de la règle précédente donne :

$$\overline{A} = \frac{y_1 \overline{A_1} + y_2 \overline{A_2}}{y_1 - y_{12} + y_2 - y_{21}}$$

Generalisation: Nombreuses relations inter-sectorielles.

La formule précédente peut être facilement généralisée. En supposant que l'économie est en situation d'équilibre concurrentiel, Ch. Hulten (1978) a validé la procédure d'agrégation proposée dans Domar (1961). Revenons à cette formulation en notant Q_i la production brute du secteur ($i = 1 \dots n$) et Y_i la demande finale du même bien; on montre que l'évolution des progrès de productivité au niveau global le progrès global λ est la somme pondérée des « résidus » conventionnels de chaque secteurλ_i:

$$\lambda = \sum_1^n \frac{p_i Q_i}{\sum p_i Y_1} \lambda_i$$

La somme des pondérations dans la formule précédente est supérieure (ou éventuellement égale) à un, puisque $p_i Q_i \geq p_i Y_i$. Il est clair que dans le cas particulier où il n'y a pas de consommations intermédiaires, $Q_i = Y_i$ et le progrès global de productivité serait la somme des changements sectoriels avec pour pondération la part des emplois finals dans la demande finale globale, la somme des pondérations étant cette fois égale à l'unité .

Selon Jorgenson **(**2002)**,** la formule de Domar-Hulten a été utilisée par Jorgenson and al. (1987) mettre en évidence les sources de l'accroissement de la productivité globale des facteurs au niveau de chacune des industries constituantes. La même source indique que arberger (1998), Gullickson & Harper (1999), Jorgenson & Stiroh (2000 a & b) ont utilise ce modèle aux mêmes fins. Les progrès de productivité de chaque industrie sont pondérés par le rapport de la production brute de l'industrie au PIB pour estimer la contribution de l'industrie à la croissance globale de la PGF ; c'est en tout cas le cas pour le secteur des ordinateurs (D.Jorgenson p. 66); cf aussi Oliner and Sicher (J.E.P 2000) Table 4 p 17.

C'est la même procédure qui est utilisée par Oliner and Sichel:

"*In our procedure, aggregate productivity growth is a weighted average of MFP*[1] *growth in the three sectors. The weight for each sector equals its gross output as a share of total nonfarm business output, in current dollars. This is the the sectoral weighting scheme initially proposed by Domar (1961) and formally justified by Hulten (1978). In his framework the weights sum to more than one which may seem odd at first blush. However, this scheme is needed to account for the portion of each sector's output as an intermediate input to other sectors rather than as a final product. Without this "gross-ups" of the weights, the MFP gains achieved in producing intermediate inputs would be omitted from the decomposition of aggregate MFP growth*" (p. 15)

Quid de la méthode Harrod-Robinson-Read ?

[1] Multifactor productivity residual

Les mesures développés dans ce cadre sont dites “Harrod-Robinson-Read measures” car elles ont éé à l’orgine conçues par Roy Harrod et J.Robinson et rendues opérationnelles by Larry Read (1961, 1968). Le rapport entre le travail de Read et la théorie de Harrod-Robinson a été mis en évidence par T.K.Rymes (1968,1971); d’importants développements avec applications au Canada sont dus àAlexandra Cas et Thomas K.Rymes (1991).

Les auteurs proposent de nouvelles mesures de la productivité globale des facteurs avec une proposition cruciale et maintenant bien établie. Citons : : “The basic distinction between the traditional and the new measures of multifactorproductivity advanced in this study (Cas and Rymes 1991 p. 35) is that the new ones take into account THE PRODUCIBILITY OF CAPITAL INPUTS[2]”

“One has to take into account, poursuivent les auteurs , the flow of intermediate input into industry *j that comes from itself*, a flow known in National Accounting as intra-industry intermediate input and output. There are many examples of such flows: telephone companies use their own services to produce their outputs, wheat farmers use wheat as seed inventory, coal mines use coal to produce coal, construction companies use their own activities to repair their own buiding,and so forth.”

Les propositions sont de deux types:

- La première est l’utilisation de la procédure de Domar-Hulten, ce qui est à mon sens tout à fait correct.
- La seconde proposition est très différente et une citation precise s’avère ici nécessaire: “if industry *j* improves its productivity, then is is immedately clear that its own-account intermediate inputs, M_{jj}, are produced more efficienttly than before. One would want to account for the fact that such intra-industry inputs would require fewer inputs than before to produce them”.

Starting from intra-industry output system and with traditional notations, the new measures h_j of the rate of multifactor productivity will be greater than the traditional measure λ_j if the industry has intra-industry… intermediate inputs and outputs” (p. 36)

$h_j = (1 - a_{jj})\lambda_j$

Ceci est –il correct : oui .. et non

- D’abord, elle appelle approbation puisqu’elle semble revenir au Cas (3) précédemment évoqué d’ *Industrie utilisant une partie de sa propre production comme input*. Dans ce cas, il a été montré que le taux de croissance du résidu devenait :

$$\overline{A}=\overline{A}_1\ (1+\gamma_1+\gamma_1^2+\gamma_1^3+.....)=\frac{\overline{A}}{1-\gamma_1}$$

Mais, en deuxième lieu, et comme il est apparu dans les développements précédents, ceci n’était correct que pour une « industrie entièrement intégrée. Dans le cas envisagé par Cas-Rymes, l’industrie utilise certes une partie de sa propre production comme input, mais elle utilise également d’autres inputs de telle sorte que la procédure correcte reste celle proposée par Domar et que la sous-estimation qui découlerait de la formulation précédente est … imaginaire et part d’une mauvaise interprétation.

---

[2] Majuscules ajoutées par G.AF

Comment évaluer les gains de productivité sectoriels… : les approches « duales »

La méthode proposée par Domar-Hulten est difficile à mettre en œuvre puisqu'on ne connaît en général pas les fonctions de production sectorielles. Cependant, l'approche « par les prix », approche « duale » de la mesure des progrès de productivité est intéressante à prendre en compte.

On dispose en effet de deux possibilities pour mesurer les progress de productivité au niveau d'une industrie, ou d'un secteur: soit "par les quantités », soit "par les prix"

Soit l'exemple très simple d'une firme, secteur ou industrie produisant une certaine quantité C de « blé » vendue au prix unitaire p_C en utilisant une quantité I de « fer » acheté au prix unitaire p_I, L heures de travail rémunérées au taux w. En notant π le montant des profits (positifs ou nuls) on obtient l'équation comptable :

$$p_C C = wL + p_I I + \pi$$

Quelles sont les consequences des modifications tant des quantities que des prix ou des rémunérations ? En supposant que dans le cadre d'une période, de telles modifications soient « petites », on peut dans ces conditions faire la différentiation totale de l'équation précédente qui peut maintenant s'écrire en posant $\dot{x}=dx/dt$:

$$C\dot{p}_C+\dot{C}p_C=w\dot{L}+L\dot{w}+\dot{p}_I I+\dot{I}p_I+\dot{\pi}$$

et, en divisant par $p_C C$ et après réorganisation:

$$p_C C\left(\frac{\dot{p}_C}{p_C}+\frac{\dot{C}}{C}\right)=wL\left(\frac{\dot{w}}{w}+\frac{\dot{L}}{L}\right)+p_I I\left(\frac{\dot{p}_I}{p_I}+\frac{\dot{I}}{I}\right)+\pi\frac{\dot{\pi}}{\pi}$$

En divisant les deux termes de l'équation ci-dessus par $p_C C$, et en notantand noting

$$\alpha=wL/p_C C,\beta=p_I I/p_C C,\gamma=\pi/p_C C$$

les parts relatives (à la valeur de la production finale) des salaires, de la valeur des inputs " fer" et des profits , on obtient en notant les taux de croissance des variables pertinentes $\hat{p}_C,\hat{I},\hat{w},\hat{L},\hat{p}_I,\hat{I},\hat{\pi}$ et après réarrangement :

$$\hat{C}-\alpha\hat{L}-\beta\hat{I} \;=\; \lambda = \;\alpha\hat{w}+\beta\hat{p}_I+\gamma\hat{\pi}-\hat{p}_C.$$

Les gains de productivité λ peuvent être évalués soit par les *quantités,* soit par les prix (approche « duale »)

.

1. Le côté gauche de l'équation précédente représente l'évaluation traditionnelle par les *quantités.* λ apparaît bien comme un "résidu", différence entre les taux de croissance des deux inputs pondérés par les parts relatives des rémunérations verses aux inputs en début de période . Il y aura « progrès technique », stagnation ou « récession suivant la valeur de λ. Il est bien clair que si l'on obtient davantage de « blé » avec moins de

travail et moins de « fer », on revient à une notion très simple de « gains de productivité »

Il est également bien clair que la formulation ci-dessus se généralise sans difficulté à un nombre quelconque d'inputs. Elle est tout à fait semblable à la formulation de Solow sans aucune référence à une fonction de production, ou au concept de frontière des possibilités de production

2. Envisageons maintenant le côté droit de l'équation précédente. IL nous donne également, par un moyen tout à fait différent, une évaluation du « surplus de productivité ». Cette approche, qualifiée de *duale* par Jorgenson *et alii*(1987 : 53-63) est *partiellement utilisée* dans son article de 2001

On me permettra d'insister: une utilisation *partielle.:*

- D'abord, cette approche est bel et bien utilisée. Citons*" The rate of productivity growth is measured as the decline in the prices of output, plus a weighted average of the growth rates of input prices with value shares of the inputs as weights"* (Jorgenson 2001)

Ce type d'approche est évidemment particulièrement pertinent dans les cas des ordinateurs, des communications , bref des "nouvelles technologies" (NTIC). D'une part, l'estimation des fonctions de production au niveau sectoriel pose problème et l'évaluation des taux de croissance des quantités utilisées est difficile. D'autre part, les évolutions des prix sont tout à fait impressionnantes comme le montre le graphique 2 et le tableau 7 de Jorgenson (cf annexe

Il faut ici insister que l'extraordinaire baisse des prix des ordinateurs : sur la période (1948-99) le taux *annuel* de *baisse de prix* est *au minimum de 23 % par an (sur un demi-siècle !!* et il atteint **34,5 *% par an de* 1995 à 1999**.

Triplett (1999) donne un chiffre impressionnant: "More than four decades have passed since the introduction of the commercial computer. The price of computing power is now less than *one-half of one tenth* of 1 percent (0.0005) of what it was at its introduction….In about 45 years, the price of computing power has declined more than two thousand fold"

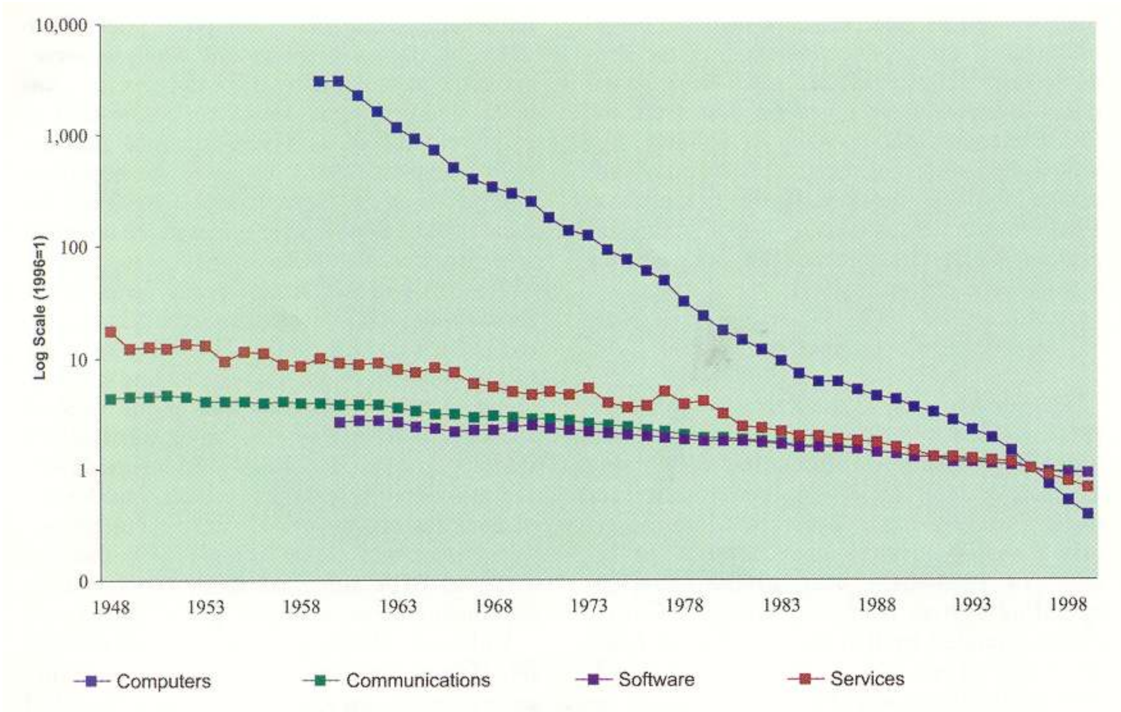


FIGURE 2. RELATIVE PRICES OF COMPUTERS, COMMUNICATIONS, SOFTWARE, AND SERVICES, 1948–1999

TABLE 7—SOURCES OF TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY GROWTH

	1948–1999	1948–1973	1973–1990	1990–1995	1995–1999
Total factor productivity growth	0.61	0.92	0.25	0.24	0.75
			Contributions to TFP growth		
Information technology	0.16	0.06	0.19	0.25	0.50
Computers	0.09	0.02	0.12	0.15	0.32
Software	0.02	0.00	0.02	0.05	0.09
Communications equipment	0.05	0.03	0.06	0.05	0.08
Noninformation technology	0.45	0.86	0.06	−0.01	0.25
			Relative price changes		
Information technology	−6.16	−4.3	−7.4	−7.2	−11.5
Computers	−23.01	−23.5	−21.1	−18.0	−34.5
Software	−3.29	−3.0	−3.2	−3.9	−4.8
Communications equipment	−3.71	−3.1	−4.2	−4.0	−5.3
Noninformation technology	−0.41	−0.9	0.0	0.1	−0.1
			Average nominal shares		
Information technology	2.07	1.09	2.60	3.46	4.26
Computers	0.40	0.10	0.61	0.81	0.94
Software	0.51	0.08	0.60	1.30	1.84
Communications equipment	1.16	0.91	1.39	1.34	1.48
Noninformation technology	97.20	98.46	96.55	95.35	94.35

Notes: Average annual rates of growth. Prices are relative to the price of gross domestic income. Contributions are relative price changes, weighted by average nominal output shares.

Références: Jorgenson (2001)

- Pourtant, cette *approche duale n'est que partiellement utilisée.* En effet, si les taux de variation des prix sont bel et bien pris en compte, les modifications dans le niveau de profit sont négligés: est-ce oubli ? ou hypothèse implicite de concurrence pur et parfaite ??

La seule référence que nous avons trouvée sur ce point est dans le papier d' Oliner & Sichel (2000 qui écrivent :

" If multifactor productivity growth had not picked up at the same time, wa would expect profit margins for US semiconductor producers to have narrowed. In fact, we find no such pattern in the data. For each year from 1990 to 1999, we computed the profit margin defined asnet income difvided by net sales, for the five largest U.S. semiconductor producers (Inte, Texas Instruments, National Semiconductor, Advanced MicroDevices and Micron Technology). The results differed widely across companies, but the aggregate profit margin for the five companies taken together *rose* from an average of 11.8 per cent during 1990-95 to 15.6 percent during 1996-99. This evidence suggests that the sharp decline in semiconductor prices afeter 1995 was accompanied by rapid efficiency gains for U.S. producers" (Oliner & Sicel, *art. cit. p. 18).*

Le texte est intéressant, mais il y a plus: de tels accroissements dans les profits des producteurs signifient un accroissement des gains de productivité que les measures traditionnelles mettent. D'où de nouveaux facteurs de sous-estimation des gains de productivité, et évidemment de nouvelles difficultés d'évaluation, puisque l'on a en conséquence besoin de mesure correcte des changements des profits. Et lorsque Microsoft est frappé d'amendes par la Commission de Bruxelles pour entrave à la concurrence , est-ce que cela signifie.. de moindres gains de productivité ??

Transmission*s des gains de productivité*

Transmissions inter-sectorielles

Quand les gains, les surplus de productivité sont positives, ce qui signifie λ = $\alpha\hat{w}+\beta\hat{p}_I+\gamma\hat{\pi}-\hat{p}_C$ > 0, il apparaît que ce surplus a quatre origines (ou utilisations) possibles[3]:

1. Accroissement des salaires
2. Accroissement du prix de l'"fer"
3. Hausse des profits
4. *Baisse du prix du "blé"*

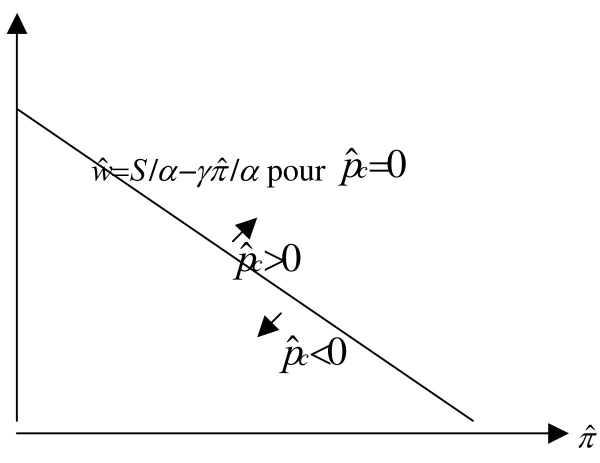
On peut ainsi mettre en évidence le rôle des prix dans les *transmissions inter-sectorielles des gains de* productivité. On parlera d*'héritage* dans le cas où le secteur considéré (ici le blé) bénéficie d'une baisse de prix des inputs intermédiaires (ici le fer) ce qui permet d'accroître le *surplus* distribuable. On parlera de *legs* si le bien (ici le "blé") est utilise comme input intermédiaire (pour fabriquer la ..farine) et si ce prix diminue. Dans un cas de ce genre, il y a transmission d'une partie du surplus de productivité apparu dans le secteur "blé" au secteur de la "farine ». Il est évident que ceci n'est pertinent que s'il y a baisse du prix du bein considéré et si ce bien est utilisé dans un autre secteur, ou une autre industrie.

Quelques commentaires supplémentaires. S'il y a baisse du prix du fer, ce qui signifie $\hat{p}<0$ il est clair que le "surplus distribuable" noté S est supérieur au surplus « réalisé » dans le secteur considéré λ, soit: $S=\lambda-\beta\hat{p}_I>\lambda$

Puisque $S = \alpha\hat{w}+\gamma\hat{\pi}-\hat{p}_C$, la stabilité du prix du bien final (blé) soit $\hat{p}_c=0$ est un cas particulier intéressant puisqu'il en découle une relation linéaire décroissante entre les modifications du salaire et celles du profit. Dans ce cas, il vient $S = \alpha\hat{w}+\gamma\hat{\pi}$ et donc:

$$\hat{w}=S/\alpha-\gamma\hat{\pi}/\alpha$$

et le graphique suivant quand $\hat{p}_C=0$



[3] Les deux interpretations sont possibles

Bien entendu, la courbe se déplace vers le nord-est ou le sud-ouest suivant que le prix du blé s'accroît ou diminue.

En ce qui concerne la transmission des gains de productivité intervenus dans un secteur, il est clair qu'il peut y avoir des asymétries dans les systèmes productifs. Si le bien en question est un « bien non-fondamental » (ce qui signifie qu'il n'est pas utilisé, directement ou indirectement dans le système productif), il n'y aura pas de transmission des gains de productivité aux autres secteurs. Bien entendu, la baisse du prix d'un bien « non fondamental » a d'autres conséquences, par exemple l'accroissement du pouvoir d'achat des Consommateurs, mais c'est un autre problème…

Transmissions internationales

Les transmissions internationales des gains de productivité sont en général ignorées. Pourtant, elles devraient être prises en compte: la même formulation s'applique avec (par exemple) p_C pour les prix des biens "chinois" (en euros ou en dollars) et bien entendu p_I le prix des biens « italiens » (exprimés naturellement dans le même numéraire). L'importance de ces transmissions dépend évidemment du degré d'ouverture et des variations de change ; on peut avancer que l'intégration dans l'intégration dans la zone euro a diminué la variabilité des transmissions internationales des gains de productivité dont l'importance reste à préciser…… et demanderait des évaluations complémentaires

Références

Abraham-Frois G. (2003) :*Croissance, Innovations, Bulles Spéculatives* Economica
Abraham-Frois G. (1989) : « Le progrès technique est-il surestimé » *Colloque de l'AFSE*, Nathan 1989
Cas A. & Rymes (1991) : *On Concepts and Measures of multifactor productivity in Canada, 1961-1980*
Domar, E (1961): "On the measurement of Technical Change" *Economic Journal* 71
Hall R. (1989) : "Invariance Properties of Solow's productivity residual", NBER 3034
Hulten Ch., R. (1978) : "Growth Accounting with Intermediate Inputs" *Review of Economic Studies*, p.511-518
Jorgenson D.W(1996) : *Post-war U.S Economic Growth* Cambridge, MIT Press
(2001):" Information Technology and the U.S Economy "*American Economic Review*, march
Jorgenson D.W & *alii* (1987) : *Productivity and economic growth*, Cambridge
Oliner St. D & Sichel D.E. (2000): " The Resurgence of Growth in the Late 1990s: is Information Technology the Story ?" *Journal of Economic Perspectives* , Vol. 14, N°4
Rymes T.K. (1971): *On Concepts of Capital And Technical Change* Cambridge U.P
Schumpeter J. (1942) : *Capitalisme, Socialisme et démocratie* Payot
Solow R. (1957) : « Technical Change and the Aggregate Production Function » *Review of Economics and Statistics*, 39 (3)
Stiroh K.J. (1998):" Computers, Productivity and Input Substitution" *Economic Iinquiry* April
Triplett J.E (1999): "The Solow productiviy paradox: what do computers do to productivity" *Canadian Journal of Economics* april