Partie 2 : La croissance endogène

Chapitre 4 : Critique de Jones et croissance semi-endogène

Selon Jones, le modèle de Romer (1990) et d'autres font intervenir un effet d'échelle qui n'est pas confirmé par les données empiriques.

Exemple ⟶ doubler le nombre de chercheurs ne double pas le taux de croissance.

Rappel: chez Romer $\frac{\dot{A}}{A} = \gamma L_A$

Pb 1: comment reformuler le modèle de Romer?

Pb 2: quels implications pour la politique?

- **Ce que disent les faits**

Nombre de scientifiques et ingénieurs engagés dans la R&D aux Etats-Unis de 1950 à 1988 passe de 160 000 à 1 000 000 = x5.

+ Même tendance en FR, ALL et JAP.

Mais la croissance de la productivité totale des facteurs (TFP) est plutôt constante!

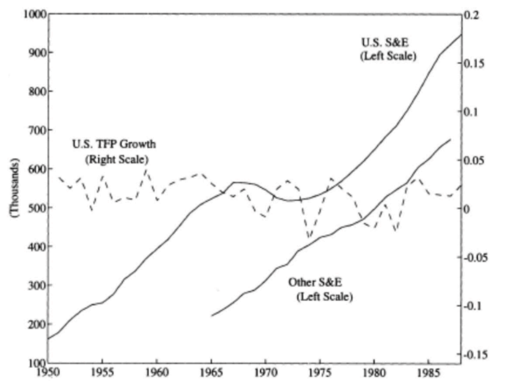


Fig. 1.—Scientists and engineers engaged in R & D and U.S. TFP growth. Source: The number of scientists and engineers engaged in R & D is taken from National Science Foundation (1989) and various issues of the *Statistical Abstract of the U.S. Economy*. TFP growth rates are calculated using the private business sector data in Bureau of Labor Statistics (1991). "Other S&E" is the sum of scientists and engineers engaged in R & D for France, West Germany, and Japan.

La croissance n'augmente pas autant que le nombre de scientifiques/ingénieurs.

Courbe croissante ⟶ nombre de chercheurs.

D'après le modèle de Romer, on devrait voir le rythme du progrès technique (=TFP) représenté par la ligne en pointillés aussi augmenter mais elle est constante.

On n’observe pas une relation de proportionnalité entre le nombre de chercheurs et le taux de croissance de la productivité globale des facteurs.

Si on considère la part des chercheurs dans la population elle augmente aussi fortement sans que le taux de croissance augmente en proportion…

Part multipliée par 3 aux Etats-Unis entre 1950 et 1988.

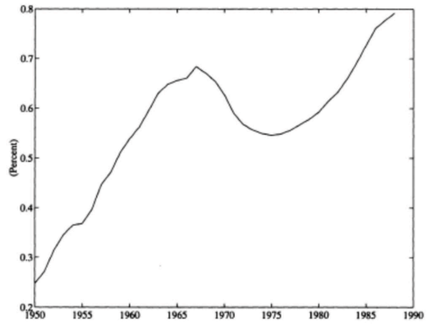


FIG. 2.—U.S. scientists and engineers engaged in R & D as a share of total labor force. Source: The number of scientists and engineers engaged in R & D is taken from National Science Foundation (1989) and various issues of the *Statistical Abstract of the U.S. Economy*. Labor force data are taken from Summers and Heston (1991).

On part de 0,25 en 1950 à 0,8 dans la deuxième moitié des années 1980.

Cette part est multipliée par 3.

Comment fait-on pour sauver le modèle de Romer ?

- **Une fonction de production d'idées révisée**

On s’appuie sur une fonction de production d'idées qui a une forme plus générale et plus raisonnable.

$$\dot{A} = \gamma A^{\varphi} L_A^{\lambda} \quad \text{où } 0 < \lambda < 1 \text{ et } 0 < \varphi < 1$$

On réintroduit l’externalité de duplication et on affaiblit l’externalité de connaissance.

On a :

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\gamma L_A^{\lambda}}{A^{1-\varphi}}$$

Mais sur le sentier de croissance régulier gA doit être constant.

On retrouve le fait que le rythme du progrès technique à court terme/transition

En transition, on a une espèce d’effet d’échelle qui va apparaître.

On doit avoir un paramètre ayant une valeur très étroite (exemple : α = 1). Le modèle est plus robuste que le modèle de Solow.

Si on n’a pas α = 1, le modèle ne fonctionne pas.

C’est un modèle qui a un problème de robustesse, Jones propose un modèle plus robuste.

Ainsi, le taux de croissance du taux de croissance de A doit être nul!

Transformation logarithmique : $ln\frac{\dot{A}}{A} = ln\frac{\gamma L_A^{\lambda}}{A^{1-\varphi}} = ln\gamma + lnL_A^{\lambda} - lnA^{1-\varphi}$

Dérivation par rapport à t : $0 = \lambda\frac{\dot{L_A}}{L_A} - (1-\varphi)\frac{\dot{A}}{A}$

Le long du sentier de croissance équilibré la part des chercheurs dans la population est constant sinon il finirait par y avoir plus de chercheurs que d’habitants… Donc

$$\frac{\dot{L_A}}{L_A} = n$$

Ainsi le rythme du progrès technique sur le sentier régulier (et le taux de croissance) ou à long terme est :

$$\boldsymbol{\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\lambda n}{1-\varphi}}$$

Le taux de croissance à long terme dépend du taux de croissance de la population et des paramètres de la fonction de production d’idées.

On voit que l’effet d’échelle a disparu, on ne peut pas accélérer le rythme du progrès technique en augmentant le nombre de chercheurs.

On garde le modèle de Romer mais on change la fonction de production d’idées. Ce sont des modèles corrigés.

On note que si λ =1 et $\varphi = 0$ alors :

$$\frac{\dot{A}}{A} = n$$

Le rythme du progrès technique dépend entièrement du rythme de la croissance démographique. Ainsi, si la croissance de la population s’arrête, le modèle prédit qu’il n’y a plus de progrès technique à long terme.

On voit aussi tout de suite que le taux de croissance de l’économie n’est pas manipulable par les pouvoirs publics si on considère que la croissance démographique relève uniquement des choix privés qui échappent au gouvernement.

À l’état régulier, si LA augmente, le rythme du progrès technique effectif va s’élever autour du rythme du progrès technique de long terme.

Le taux de croissance va revenir à son taux de croissance de long terme.

La politique de recherche qui consiste à augmenter la part de chercheurs dans la population de façon définitive, a un effet d'accélération de la croissance mais cet effet est seulement transitoire, le taux de croissance s'élève puis ralentit (le rythme du progrès technique) jusqu'au retour à l'état régulier. C'est dû à la relation entre le stock d'idées et les idées nouvelles que l'on trouve.

Ces modèles modifiés sont des **modèles de croissance semi-endogène**.

La croissance est toujours endogène car le rythme du progrès technique et donc le taux de croissance à long terme de l'économie sont toujours conditionnés par le choix des individus. Le niveau de la recherche dépend des choix des individus mais on n'a plus la propriété majeure → on a perdu l'effet d'échelle, le gouvernement ne peut plus modifier le taux de croissance donc ils sont semi-endogène.

Ecq ça veut rien dire que la politique publique est impuissante ? Non, maïs elle redevient une affaire d'effet de niveau, elle n'a plus d'effet d'échelle, seulement des effets de niveaux.

Un exemple: $\lambda = 1 \; et \; \varphi = 0$ avec $\dot{A} = \gamma A^{\varphi} L_A^{\lambda}$ => $\dot{A} = \gamma A^0 L_A^1 = \gamma L_A$

Taux de croissance à court terme :

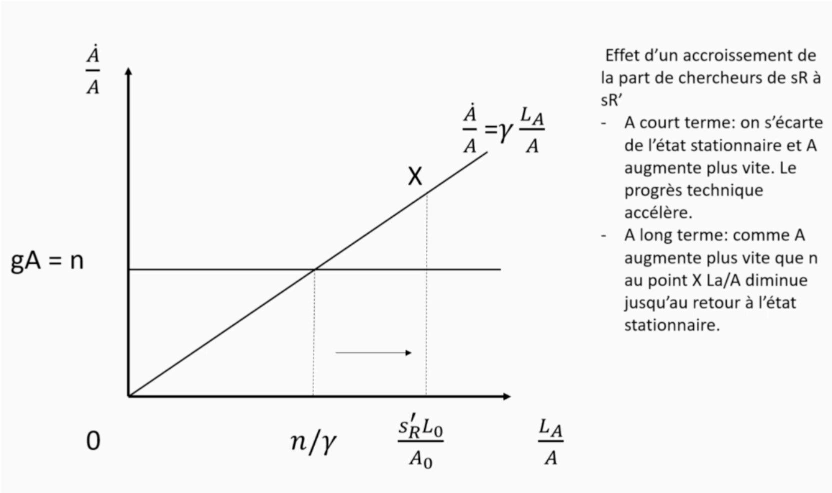
$$\frac{\dot{A}}{A} = \gamma \frac{L_A}{A} = \boldsymbol{\gamma \frac{S_R L}{A}}$$

Taux de croissance à long terme:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \boldsymbol{n}$$

On suppose que le gouvernement va augmenter la part de chercheurs. On doit commencer par glisser SR dans l'équation.

Le taux de croissance de long terme dépend uniquement de la croissance démographique.



En ordonnées, on a le rythme du progrès technique, c'est une fonction de LA/A. On représente le taux de croissance à long terme et en transition (cette dernière c'est une fonction croissante de LA/A).

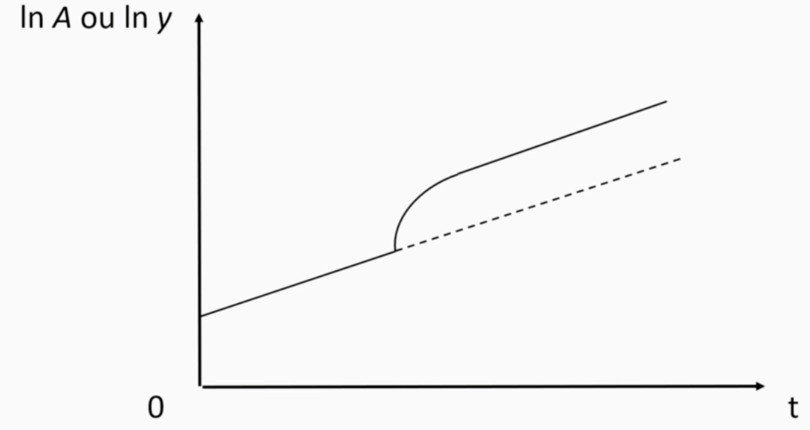
Le taux de croissance à long terme est constant, c'est une droite horizontale.

Au point d'intersection de ces deux taux de croissance, on est à l'équilibre, on est à l'état régulier.

Si SR augmente, cela décolle de notre équilibre. Le stock d'idées ne change pas mais on glisse sur la droite, on est en déséquilibre, on sort de notre point d'équilibre. Notre taux de croissance de transition devient supérieur au taux d e croissance de long terme. Si j'augmente SR, ils vont trouver plus d'idées donc le rythme du progrès technique va accélérer. S'il s'élève au-dessus de la croissance démographique, on glisse le long de notre pente jusqu'à revenir à l'équilibre.

Si j'augmente SR, je crée une accélération de la croissance mais c'est transitoire, le rythme du progrès technique finit par revenir sur la croissance de long terme. La politique est donc transitoire, c'est ce que l'on appelle un effet de niveau.

Analyse graphique de la politique d’accroissement de la part des chercheurs :



Cette politique est quand même intéressante car en, tout point du futur, je vais devenir plus riche que je ne l’aurais été sans cette optique d'accumulation transitoire du progrès technique. Mais c’est moins bien que si on arrivait à accélérer la croissance.

La politique ne change pas la pente de ma trajectoire de croissance (du sentier régulier du croissance).

Robert Solow (1997):

« C’est une erreur d’attacher une telle importance au taux de croissance à long terme. Nous devrions considérer comme facteur de croissance économique tout ce qui élève de façon permanente la trajectoire de l’économie même si cela n’affecte pas son taux de croissance. (…) Si un changement institutionnel quel qu’il soit peut créer une hausse permanente du niveau de productivité globale des facteurs de production, je le qualifierais de facteur de croissance. »

⇒Utilité des modèles qui analysent les déterminants de A !

⇒Si l’effet de court terme dure plusieurs années, une politique avec un effet en niveau peut être très importante.

Les modèles schumpétériens

L’enjeu est de modéliser une intuition de Schumpeter → celle de la destruction créatrice.

Dans les modèles à variété de produits, quand on invente un bien intermédiaire, il est là jusqu’à la fin des temps. Or, les idées nouvelles (bien intermédiaires) remplacent les idées anciennes.

Cela veut dire qu’il y a pleins d'aspects du processus de croissance qui ne sont pas discutés.

Dans un pays qui connaît une croissance rapide puisque ça veut dire qu'il y a beaucoup d'idées nouvelles, on doit voir plus d'entreprises qui disparaissent.

Dans une économie à forte croissance, ils vont plus souvent perdre leurs emplois et trouver un nouvel emploi. Ils doivent bouger plus souvent d'entreprises.

Cela pose d'autres questions, on va avoir une discussion sur les conditions de la concurrence. Par exemple sur la question des barrières à l'entrée, si on est dans une économie qui rend difficile la création d'entreprise alors il y a la présence de barrières qui peuvent avoir un effet de frein sur la croissance car il y a moins de concurrence mais en même temps cela peut avoir un effet positif, car s'il y a peu de concurrence, l'innovation est plus rentable.

- **Un modèle simplifié**

• **La fonction de production**

$$Y = K^{\alpha}(A_i L_Y)^{1-\alpha}$$

• **Taille des innovations**

$$A_{i+1} = (1+\gamma)A_i$$

=>

$$\frac{A_{i+1} - A_i}{A_i} = \gamma$$

Indice i → nouveauté dans ce modèle, efficacité du bien intermédiaire.

Comme dans les modèles précédents, on a des chercheurs qui cherchent des biens intermédiaires. On produit toujours avec du travail et <u>un seul bien intermédiaire</u>. L'enjeu de la recherche est de trouver un bien intermédiaire qui est plus productif que les autres.

Pour modéliser cela, on distingue la quantité de biens intermédiaire xi et ce qui relève de l'efficacité apportée par ce bien intermédiaire Ai.

On cherche un Ai plus grand que le Ai du moment.

L'entreprise qui produit le bien final, si elle a le choix entre plusieurs biens intermédiaires, elle va toujours choisir le bien le plus efficace, tous les autres sont oubliés.

On s'intéresse à la dynamique de ce facteur, cette dynamique est pensée en deux temps :

- Premièrement, on a la taille des innovations, c'est un facteur exogène, supposé donné. Quand j'arrive à innover, mon innovation va avoir une certaine ampleur, on a

une efficacité du travail qui est donné et le chercheur s'il arrive à trouver ce qu'il cherche, il va obtenir une nouvelle efficacité du travail plus importante.
- Quand on trouve une innovation, on passe de Ai à Ai+1.

γ → ampleur de l'innovation.

- **Probabilité d'innovation**

Pour un chercheur : $\bar{\mu} = \theta \frac{L_A^{\lambda-1}}{A_i^{1-\varphi}}$

Pour l'ensemble de l'économie : $\bar{\mu} L_A = \theta \frac{L_A^{\lambda} A_i^{\varphi}}{A_i}$

Nous retrouvons ici les externalités de connaissance et de duplication.

Au-delà, les caractéristiques du modèle de Romer (Solow) se retrouvent à l'identique.

À chaque instant, on a une certaine probabilité de trouver une bonne idée mais aussi de ne rien trouver du tout.

Cette probabilité de trouver va dépendre de l'effort de recherche.

μLA → proba que l'ensemble des chercheurs tombe sur une bonne idée.

Les individus qui cherchent ont une certaine productivité qui va faire intervenir l'externalité de connaissance.

- **Taux de croissance dans l'économie**

Dans ce modèle, l'innovation est discrète. Elle se fait par sauts aléatoires. Il peut se passer un certain temps avant que le facteur A augmente. Mais l'économie n'en convergera pas moins vers un entier de croissance régulier tel que la croissance moyenne de λ et de A soit conforme au taux de croissance moyen de A.

$$E\left(\frac{\dot{A}}{A}\right) = \gamma \bar{\mu} L_A$$

D'après la loi des grands nombres, sur un horizon assez long on doit avoir:

$$g_y = g_A = E\left(\frac{\dot{A}}{A}\right)$$

On peut ensuite calculer l'espérance du taux de croissance *A* en supposant que *gy* ne varie pas à long terme. On obtient ainsi :

$$0 = \lambda \frac{\dot{L}_A}{L_A} - (1-\varphi)E\left(\frac{\dot{A}}{A}\right)$$

Puis :

$$g_A = \frac{\lambda n}{1-\varphi}$$

On retrouve ainsi le même taux de croissance à long terme que dans le modèle de Romer corrigé.

Pourquoi ce taux de croissance ne dépend pas de γ?

Effets contradictoire d'une élévation de γ : *A* augmente davantage à chaque innovation mais la probabilité d'innovation est réduite à cause la faiblesse de l'externalité de connaissance (présence d'un « fishing out effect »). Ces deux effets se compensent exactement.

- **Les fondamentaux du modèle et la part des chercheurs dans la population**

Pour le bien final :

On reprend l'analyse déjà effectuée pour le modèle de Romer mais :

$$Y = {L_Y}^{1-\alpha} {A_i}^{1-\alpha} {x_i}^{\alpha}$$

On utilise un seul bien intermédiaire. x est la quantité de machines utilisées et A est leur degré d'efficacité. La firme n'utilise que la dernière version du bien intermédiaire ici.

En dérivant la fonction de produit on obtient les CPO qui définissent la demande de travail et la demande de bien intermédiaire (fonction de demande inverse).

Pour le bien intermédiaire :

$$\max_{x_i} \pi_i = p_i(x_i)x_i - rx_i$$

$\Rightarrow \boldsymbol{p_i = \frac{1}{\alpha} r}$

$\Rightarrow \pi = \alpha(1-\alpha)Y$

La formule du profit est modifiée puisqu'on a un seul bien intermédiaire. Pour le reste, rien ne change.

On passe à la fonction de production agrégée en posant $xi = K$.

Dans ce modèle, il existe plusieurs firmes en concurrence monopolistique mais le secteur du bien final achète uniquement à celle qui produit le dernier bien intermédiaire car il est le plus efficace. À prix égal, c'est forcément le plus intéréssant.

Le secteur de la recherche :

La recherche fonctionne différemment dans ce modèle. Tous les chercheurs courent après la nouvelle version du bien intermédiaire, disons le bien $i + 1$, et chacun d'eux a une probabilité µ barre de le trouver.

L'inventeur vend un brevet pour son invention. Le brevet est supposé durer éternellement. Il est acheté par une firme nouvelle.

La détermination du prix du brevet change peu :

$$r = \frac{\pi}{p_A} + \frac{\dot{p_A}}{p_A} - \bar{\mu} L_A p_A$$

On retrouve l'équation d'arbitrage. Mais les chercheurs, s'ils trouvent une bonne idée, ils vont en profiter pour vendre le bien intermédiaire mais il y a un danger : une idée nouvelle. Si la recherche est efficace, cela peut aussi faire baisser la recherche (nouveauté). La nouveauté est la probabilité qu'une nouvelle technologie émerge qui me conduise à perdre le bénéfice de mon brevet.

À partir d'un raisonnement identique à celui déjà vu, on montre :

$$p_A = \frac{\pi}{r - n + \mu(1 - \gamma)}$$

On a deux nouveautés ici. Si la probabilité d'innover augmente, cela réduit la valeur du brevet. Si l'ampleur de l'innovation augmente, cela augmente la valeur du brevet.

- "Solution du modèle"

On achète l'analyse comme précédemment en égalisant le salaire d'un travailleur du secteur du bien final et d'un chercheur pour déterminer la part des chercheurs dans la population.

Ici la nouveauté est juste $E(w_R) = \bar{\mu} p_A$.

On peut montrer au final que :

$$s_R = \frac{1}{1+\frac{r-n+\mu(1-\gamma)}{\alpha\mu}}$$

La nouveauté est à nouveau l'effet de probabilité d'innover sur la part des chercheurs. L'effet est ambigu a priori. D'un côté, si μ augmente, la probabilité de perdre le bénéfice du brevet augmente. D'un autre côté, si μ augmente, la probabilité d'innover et de vendre un brevet augmente. Si on dérive SR par rapport à μ, on peut voir que l'effet global est positif. La perte dûe aux innovations futures est jugée moindre que le gain immédiat de l'innovation.

On retrouve les effets contradictoires de μ et ɣ.

- **Conclusions : modèle schumpétérien vs modèle de Romer corrigé**

Dans les deux types de modèle, le taux de croissance à long terme est le même. Il n'y a pas d'effet de croissance (échelle) compte tenu des externalités retenues.

Mais, on voit que la part de chercheurs dans la population n'est pas la même. Selon la valeur des paramètres, on a des parts de chercheurs différents, ce qui induit des prédictions différentes concernant le revenu par habitant (qui en dépend).

On peut montrer que si le rythme de croissance du progrès technique gA est > à $r - n$ alors la part des chercheurs sera plus importante dans un modèle schumpétérien et il en sera aussi de même du revenu par habitant ⇒ Le danger de voir son innovation rendue obsolète par une nouvelle innovation est sous-évalué. Si c'est le contraire, les individus sont plus sensibles à la destruction créatrice et celui réduit l'effort de recherche.

Il y a une sorte d'**externalité nouvelle** → les chercheurs sous-estiment le danger d'être écartés du marché par une nouvelle innovation.

Autres nouveautés apportés par les modèles Schumpetériens :

Destruction créatrice. L'entrepreneur qui parvient à innover remplace l'entrepreneur qui produisait la version inférieure du bien intermédiaire et obtient le monopole de production de ce bien.

Coût d'entrée sur le marché des biens intermédiaire. Le prix que peut fixer le monopoleur est limité à χ. Si le prix du bien intermédiaire est trop élevé **une autre entreprise peut imiter** le bien et entrer en concurrence avec l'entreprise innovatrice.

χ: - niveau de protection des brevets
- niveau de la concurrence sur le marché des biens intermédiaires

=> Le taux de croissance dépend du niveau du coût d'entrée sur le marché. Plus bas est le coût moins il y a d'incitation à investir dans la recherche. La concurrence accrue et une mauvaise protection des brevets freine la croissance.

- **De nouvelles questions**:

- Effets des barrières à l'entrée sur la concurrence. Relation entre taux de rotation des entreprises et croissance? Une rotation plus forte des entreprises devrait aller de paire avec une croissance plus rapide. (destruction créatrice)
- Effet des dépenses en R&D sur la croissance?
- Effet de l'imperfection des marchés financiers sur la croissance?
- Distinction entre innovations à la frontière technologique et innovations par imitation et importance du contexte de la recherche dans le processus de croissance et de rattrapage technologique.

Examens : Décrire verbalement (potentiellement avec des équations) ce qu'est un processus d'innovation dans les modèles schumpétériens, quelles sont les différences avec les processus d'innovations dans les modèles à variété de produit.

Un modèle pour l'ère malthusienne