8.2.2. La réponse néoclassique : stabilité

SOLOW : ACCUMULATION ET SUBSTITUTION ENTRE LES FACTEURS

D'inspiration purement keynésienne, le modèle d'Harrod-Domar ne répond pas aux canons de l'économie néoclassique. La réponse néoclassique vient en 1956, sous la plume de Solow dans son article « A Contribution to the Theory of Economic Growth ». Cet article se positionne clairement en opposition au modèle d'Harrod-Domar, dont il résume la conclusion ainsi : « even for the long run the economic system is at best balanced on a *knife edge* of equilibrium growth ». La critique fondamentale est celle-ci : « But this fundamental opposition of warranted and natural rates turns out in the end to flow from the crucial assumption that production takes place under conditions of fixed proportions. There is no possibility of substituting labor for capital in production. If this assumption is abandoned, the knife edge notion of unstable balance seems to go with it »[1].

La substitution entre facteurs est au centre du paradigme néoclassique. L'outil par excellence pour en rendre compte est la fonction de production, plus précisément ici la fonction de production agrégée (cf. chapitre 4.4), plus précisément encore, la *fonction de production intensive*, évoquée au chapitre 5.3 (cf. figure 5.9), dont le présent article constitue en fait le baptême[2]. Solow présente donc ici un modèle de croissance économique, qu'il prétend avoir les mêmes hypothèses que celui d'Harrod, à la seule différence que les facteurs sont substituables.

Il y a deux facteurs de production : le travail (quantité *L*) et le capital (quantité *K*) ; la terre est absente. Les rendements d'échelle sont constants[3]. La production *Y* est nette de dépréciation. Elle consiste en un produit homogène qui sert de substance au capital aussi bien qu'à la consommation. Une hypothèse importante est le maintien permanent du plein emploi. La fonction de production est évolutive avec le temps *t*[4]. La population active croît à un taux constant *n* (composé) à partir d'un effectif de L_0. Le capital s'accroît du fait de l'application d'un taux d'épargne *s* au revenu Y(t). Les équations de départ sont donc :

$$Y = F(K,L) \qquad (8.9)$$
$$L(t) = L_0.e^{nt} \qquad (8.10)$$
$$\frac{dK}{dt} = s.Y \quad ou \quad \frac{dK}{dt} = s.F(K, L_0.e^{nt}) \qquad (8.11)$$

L'équation (8.11) indique le taux auquel le capital doit croître pour assurer le plein emploi. La fonction de production intensive a comme abscisse la variable k = K/L. La variable *k* est donc représentative de la proportion entre les facteurs de production. En différenciant cette équation par rapport au temps, en remplaçant *K* et *L* par leurs

[1] Solow [338] p. 65. Aujourd'hui encore, le terme *knife edge* est couramment utilisé par les économistes pour caractériser les modèles de type Harrod-Domar.

[2] Le spectre de cette fonction hantait déjà l'article de J. Robinson qui avait lancé la controverse du capital.

[3] Dans ses illustrations algébriques, Solow prend souvent l'exemple d'une fonction de Cobb-Douglas.

[4] Solow travaille en temps continu, d'où la présence des exponentielles dans certaines équations.

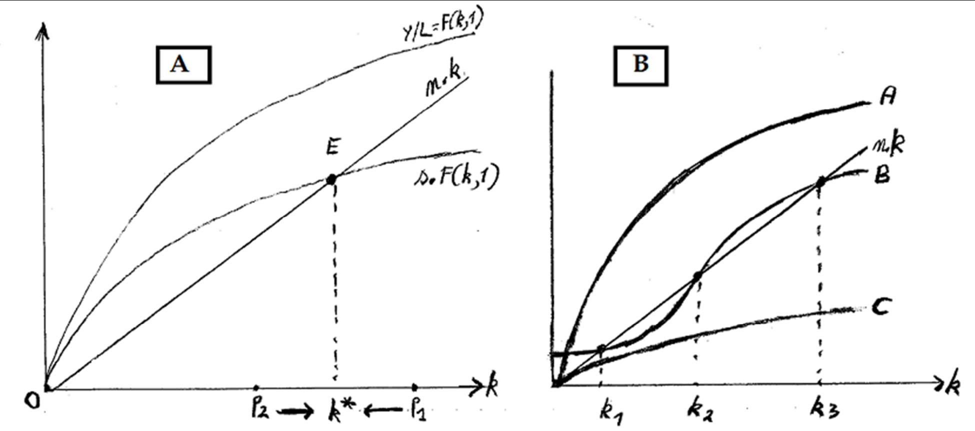
valeurs des équations (8.10) et (8.11) et en arrangeant, Solow aboutit à ce qu'il appelle l'équation fondamentale :

$$dk/dt = s.F(k,1) - nk \qquad (8.12)$$

L'objectif est de déterminer la valeur d'équilibre de *k* (notée k*). L'équilibre advient lorsque dk/dt vaut zéro (position de repos). Il faut donc qu'il y ait égalité entre s.F(k,1) représentant le taux d'accumulation du capital et *n.k* représentant le taux d'accroissement de la main d'œuvre. Sur la figure 8.2, cela correspond à l'intersection entre ces deux courbes. On est dans le cadre d'une croissance semi-stationnaire[5] : *Y*, *K* et *L* augmentent au même rythme, en l'occurrence au taux *n*.

L'équation différentielle (8.12) révèle que l'équilibre *E* est stable. Si, k > k*, n.k > s.F(k,1) et dk/dt devient négatif, ce qui signifie que *k* va diminuer jusqu'à rejoindre k* et inversement si k < k*.

Graphique 8.2 : la croissance équilibrée selon Solow



La courbe Y/L ne joue aucun rôle, si ce n'est que la courbe s.F(k,1) en est déduite. Solow se permet même de l'omettre dans ses graphiques. Je l'inclus pour faciliter la compréhension.

Le graphique 8.2 est atemporel. La croissance n'y apparaît pas explicitement. Il faut imaginer qu'à chaque période *t*, il y a un graphique identique, mais avec une différence sous-jacente : *L* étant plus élevé, *Y* et *K* le sont aussi ; cela n'apparaît pas sur le graphique qui n'affiche que des variables dont *L* est le dénominateur.

Supposons que l'économie, en position d'équilibre *E*, soit sujette à une hausse du taux d'épargne. La courbe s.F(k,1) s'élève et l'intersection avec *nk* se déplace vers la droite. Le nouvel équilibre aura une intensité capitalistique k* supérieure, mais le taux de croissance vaudra toujours *n*. Ce n'est qu'au cours de la transition d'un équilibre vers l'autre que le taux de croissance aura été supérieur.

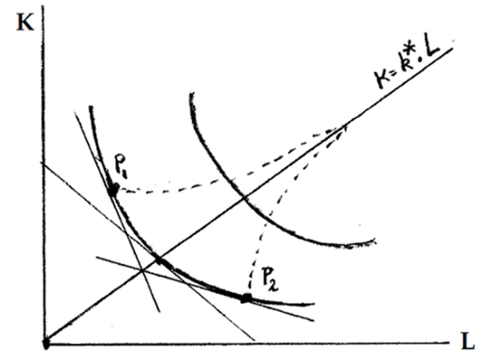
Sur le graphique *A*, la courbe *s.F(k,1)* avait la forme idéale pour la démonstration. Le graphique *B* montre 3 autres formes possibles de la courbe *s.F(k,1)*, notées *A*, *B* et *C*. La courbe *B* (rendements d'échelle variables) est coupée trois fois par la droite *n.k*. Les équilibres k_1 et k_3 sont stables, mais k_2 est instable. Pour une intensité capitalistique

[5] Cf. Cassel (sous-chapitre 6.1.1).

inférieure à k_2, k tendra vers k_1 ; si k est supérieur à k_2, il tendra vers k_3. Les courbes *A*[6] et *C* ne sont pas coupées par *n.k* ; il n'y a donc pas de croissance équilibrée. L'économie *A* est tellement productive que la croissance démographique ne suit pas les besoins ; l'économie *C* est si peu productive que le plein emploi ne peut éviter la baisse du revenu par tête. Mais Solow conclut que lorsque les hypothèses néoclassiques habituelles sont satisfaites, aucun hiatus n'est possible entre le taux de croissance d'équilibre et le taux naturel.

L'hypothèse du plein emploi implique que les rémunérations des facteurs s'ajustent au niveau qui équilibre les marchés. La figure 8.3 montre cet ajustement sur un champ d'isoquants. La droite de pente k* est le lieu des combinaisons entre les facteurs, qui satisfont à la proportion d'équilibre. Elle implique un rapport de prix déterminé w/q (pente du segment d'isocoût) où *w* est le salaire réel et *q* le loyer fictif d'une unité de capital (qui correspond implicitement à un taux d'intérêt). En P_1, trop de capital est utilisé ; le salaire réel doit diminuer pour inciter les entreprises à substituer du travail au capital, ce qui fait baisser la pente des isocoûts. Le Point P_2 est dans la situation inverse. Les lignes pointillées indiquent le chemin parcouru par l'économie pour rejoindre la croissance équilibrée.

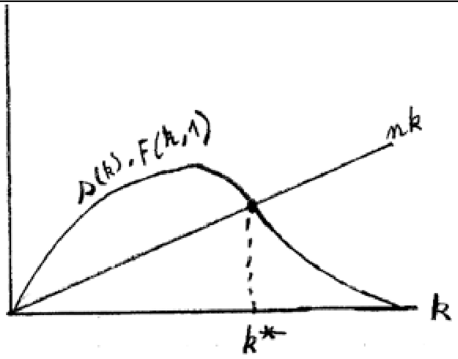
Graphique 8.3 : croissance équilibrée : rôle de la rémunération des facteurs



Solow, plutôt pour satisfaire une partie de ses lecteurs que par conviction personnelle, introduit ensuite la possibilité que le taux d'épargne ne soit pas une grandeur exogène, mais qu'il dépende du taux d'intérêt, donc de *q/w*. Vu les hypothèses des rendements d'échelle constants et de la concurrence parfaite, *q* dépend uniquement de *k* en raison inverse duquel il varie et Solow montre qu'on peut remplacer s = s(q/p) par s = s(k). C'est ce que montre la figure 53-1 qui n'exclut pas le cas extrême où le taux d'épargne atteint la nullité quand *k* devient très élevé. Il y a un équilibre stable. L'influence du taux d'intérêt est stabilisante, stimulant l'épargne lorsqu'il y a trop peu de capital et la décourageant lorsqu'il est pléthorique.

[6] La figure 8.2-B donne l'impression que les fonctions *A* et *nk* se croiseront à la droite du graphique. Cela tient à son caractère approximatif.

Graphique 53-1 : l'épargne variant avec le taux d'intérêt



Solow admet avoir évacués les éléments keynésiens de son modèle. Il reproche à Harrod d'avoir mélangé la macroéconomie keynésienne avec l'analyse dynamique de la croissance. Selon lui, ces deux objets doivent être étudiés séparément. « Underemployment and excess capacity or their opposites can still be attributed to any of the old causes of deficient or excess aggregate demand but less readily to any deviation from a narrow 'balance' »[7].

Solow reconnaît ainsi implicitement que la différence essentielle entre son modèle et celui de Harrod ne se trouve pas dans les coefficients fixes ou variables comme il l'affirmait au début de l'article mais dans son hypothèse du plein emploi, contradictoire avec le taux de croissance capricieux de Harrod. Comme le note Hoover, commentateur des deux modèles, Solow se focalise sur l'adéquation entre le taux de croissance réel et le taux naturel ; cet aspect est secondaire chez Harrod en comparaison avec la dualité entre le taux réel et le taux d'équilibre.

LE RESIDU DE SOLOW

Est-ce là vraiment une théorie de la croissance ? La production se calque sur l'accroissement de la population ; le revenu par tête demeure constant, la société ne s'enrichit donc pas. Jusqu'ici, il ne fut pas question du progrès technique, dont chacun pressent qu'il est un facteur décisif de la croissance. Dans la section consacrée aux « extensions » du modèle, Solow lui consacre enfin une page sur les trente que compte l'article. Chez Harrod, le *taux de croissance naturel* inclut le progrès technique.

Solow se rattrapera par la suite en consacrant plusieurs publications au progrès technique. Voyons l'article « Technical Change and the Aggregate Production Function » (1957). Il définit ainsi l'objet de son article : « The new wrinkle I want to describe is an elementary way of segregating variations in output per head due to technical change from those due to changes in the availability of capital per head"[8].

Solow adapte la fonction de production, qu'il suppose homogène de degré un, en y ajoutant un facteur représentant le progrès technique, le facteur A(t). Il montre que si le progrès technique est *neutre*, c'est-à-dire s'il ne modifie pas le taux marginal de substitution entre les facteurs de production, la fonction de production prend la forme :

$$Q = A(t).f(K,L) \tag{8.13}$$

[7] Solow [338] p. 91.
[8] Solow [339] p. 312

Solow fait intervenir deux nouvelles variables : $w_K = \frac{\partial Q}{\partial K} \cdot \frac{K}{Q}$ $et\, w_L = \frac{\partial Q}{\partial L} \cdot \frac{L}{Q}$.
Ce sont respectivement les parts relatives du capital et du travail dans le partage du revenu national. En différentiant (8.13) par rapport au temps et en divisant par Q, on obtient :

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{A}}{A} + w_K \frac{\dot{K}}{K} + w_L \frac{\dot{L}}{L} \qquad (8.14)$$

Solow revient ensuite à la fonction intensive où les grandeurs sont divisées par *L*. Il est alors utile de noter Q/L par *q* et K/L par *k*. Comme $\dot{q}/_q = \dot{Q}/_Q - \dot{L}/_L$, on a :

$$\frac{\dot{q}}{q} = \frac{\dot{A}}{A} + w_K \frac{\dot{k}}{k} \qquad (8.15)$$

Telle est l'équation fondamentale que Solow va soumettre à une épreuve statistique, visant à déterminer la valeur de *A*, c'est-à-dire l'importance du progrès technique dans la croissance. Les statistiques (pour la période 1909-1949 aux Etats-Unis) lui renseignent l'évolution de la production, la part des revenus du capital dans le revenu national et l'évolution de la valeur du capital. Aucune statistique n'existe évidemment pour *A*, qui est un concept abstrait, mais il peut être déterminé par l'équation (8.15) dont il est le seul terme inconnu, d'où l'appellation le *résidu de Solow*.

Voici la conclusion de ces calculs : « It is possible to argue that about one eighth of the total increase is traceable to increased capital per man hour, and the remaining seven eighth to technical change »[9]. Le progrès technique compte sensiblement plus que l'accumulation du capital dans le progrès économique.

SWAN : CROISSANCE DE LA POPULATION, DU CAPITAL ET DU REVENU

La même année mais malheureusement pour lui dix mois plus tard, l'économiste australien Trevor Swan publie sa théorie de la croissance conçue indépendamment de celle de Solow mais néanmoins fort semblable.

Swan base son modèle sur la fonction de Cobb-Douglas $K^{\alpha}.L^{\beta}$ avec $\alpha+\beta=1$. Les hypothèses sont grosso modo les mêmes que chez Solow. Sa théorie est parfaitement résumée par la figure 8.4. On y voit en abscisse, non le rapport capital/travail comme chez Solow mais le rapport production/capital. En ordonnée, les trois taux de croissance : le taux d'accroissement démographie *n*, exogène, le taux de croissance du capital qui vaut évidemment *s.Y/K* et le taux de croissance de la production, le plus important, noté *y*. la formule de ce dernier est :

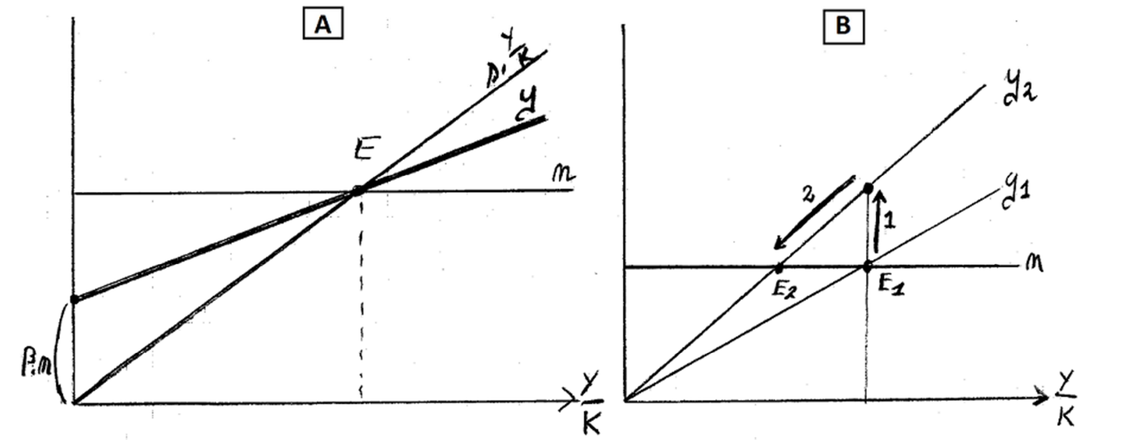
$$y = \alpha.s.Y/K + \beta.n \qquad (8.16)$$

Le premier terme du membre de droite est la contribution du capital à la croissance et le deuxième la contribution du travail. L'équilibre a lieu lorsque les trois taux de croissance s'égalent. Lorsque *s.Y/K* vaut *n*, l'équation (8.16) vaut également *n*. Cet équilibre est stable. Swan en conclut : « The given rate of growth of labour thus determines the equilibrium rate of the whole economy, while the saving ratio determines the output-capital ratio at which equilibrium will occur »[10].

---

[9] Solow [339] p. 316.
[10] Swan [352] p. 336

Graphique 8.4: la croissance équilibrée selon Swan



*La figure **B** indique l'effet d'un accroissement de s. Dans un premier temps, le taux de croissance augmente pour rejoindre la nouvelle courbe y. Puis, le long de cette courbe, il diminue pour revenir à n. Le nouveau taux Y/K est plus bas.*

Comme chez Solow, c'est une croissance semi-stationnaire ; mais Swan introduit le progrès technique, *neutre*, à la fin de l'article. Un taux de progrès technique, noté *m* est introduit dans l'équation (8.16) qui devient y = α.s.Y/K + β.n + m. Swan montre que dans ce cas :

$$y = n + m/(1-\alpha) \qquad (8.17)$$

Le progrès technique a donc sur le taux de croissance un impact supérieur à *m*. La cause en est que la contribution du capital à la croissance augmente, car le taux de croissance de celui-ci se libère de la contrainte de l'égalisation avec *n*. Graphiquement, la courbe *y* monte en altitude d'une valeur *m*, le taux de croissance d'équilibre correspond à l'intersection de cette courbe avec *s.Y/K* qui trouve place au-dessus de la droite horizontale *n*.

Swan semble désolé de constater que tant en croissance cassellienne qu'avec le progrès technique, la propension *s*, absente des formules (8.16-8.17), n'a pas d'effet définitif sur le taux de croissance. Un accroissement de *s* voit son effet positif contrebalancé par la baisse du ratio Y/K, comme le montre la figure 8.4-B. L'impuissance du taux d'épargne se retrouvait également chez Solow. Swan se console en suggérant que le taux de progrès technique est peut-être dépendant de l'accumulation du capital. L'accumulation du capital peut également stimuler la croissance, pense-t-il, lorsqu'il existe une main d'œuvre inemployée que le nouveau capital met au travail. Là, Swan néglige le fait que le chômage de la main d'œuvre va généralement de pair avec le sous-emploi du capital.

*

Croissance instable de Harrod et Domar : voir extrait 52
Progrès technique : voir extrait 54