

Pourquoi une croissance accélérée aux  
Etats-Unis et une croissance ralentie en  
Europe dans la période 1992-2004 ?

Why can we observe fast growth in the United  
States and slow growth in Europe during the  
1992-2004 period ?

David Flacher\*                      Jean-Hervé Lorenzi†  
Université Paris XIII              Université Paris IX-Dauphine

Alain Villemeur‡  
Université Paris IX-Dauphine

3 juillet 2005

**Résumé**

Les performances américaines en termes d'emploi, de gains de productivité et de croissance économique dominant largement les performances européennes depuis 1992. Et la divergence entre ces économies s'accroît ces dernières années. Comment peut-on expliquer un tel contraste alors même que le progrès technique, principale source de croissance, est accessible de manière similaire des deux côtés de l'Atlantique ? Les domaines d'application de l'innovation constituent, selon nous, la principale explication. En effet, l'innovation doit-elle porter sur la productivité, c'est-à-dire sur l'offre ? Sur les capacités, c'est-à-dire sur

---

\*CEPN - CNRS UMR 7115 - david@flacher.fr

†j-h.lorenzi@lcf.fr

‡villemeur@planetis.com

la demande ? Ou bien à la fois sur l'un et sur l'autre ? Dans le cas des Etats-Unis, il nous a semblé que les politiques économiques avaient favorisé le progrès technique et son impact sur l'offre et sur la demande. Dans les pays européens ces politiques ont en revanche favorisé les innovations qui portent sur l'offre, c'est-à-dire sur la réduction des coûts de production. Ces différences de comportement ont été modélisées et la théorie confirme bien l'existence de deux trajectoires de croissance très éloignées : le régime de croissance accélérée, privilégiant les investissements de capacité (et donc les nouvelles formes de consommation) et le régime de croissance ralentie, privilégiant les investissements de procédé (et donc les biens traditionnels).

### **Abstract**

American performances in terms of employment, productivity gains and economic growth largely dominate European ones since 1992. The divergence between these economies has even grown during the last few years. How can we explain such a contrast while technical progress, which is widely considered as the main source of economic growth, is accessible in a similar way on both sides of Atlantic ? We claim that the way in which innovation is incorporated in the economy constitutes the main explanation. Indeed, does the innovation have to apply to productivity, i.e. to the supply side, to the capacities, i.e. to the demand side, or to both ones ? On the one hand, economic policies in America have favored technical progress and its impact on both supply and demand sides. On the other hand, European policies have mostly stimulated the innovations related to supply side, i.e. investments leading to a reduction of production costs. These various behaviors have been modeled and the theory confirms the existence of two very distant growth paths : the "fast growth regime", mainly characterized by capacity investments (and thus by new consumption habits) and the "slow growth path", mainly characterized by process investments (and thus by traditional goods).

## **Table des matières**

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Au cœur de la divergence : la manière d'innover</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>La croissance accélérée ou ralentie : confirmation par la théo-</b>	

rie	6
4 De la théorie aux faits	7
5 Conclusion	9

## 1 Introduction

Les performances américaines en termes d'emploi, de gains de productivité et de croissance économique dominant largement les performances européennes depuis 1992. Et la divergence entre ces économies s'accroît encore ces dernières années. Pourquoi ? Lorsque l'on sait que l'innovation est la principale source de croissance, comment peut-on expliquer un tel contraste alors même que le progrès technique est accessible aux uns comme aux autres, aux États-Unis comme à l'Europe. Les économistes ne parviennent pas à donner une explication convaincante du phénomène<sup>1</sup>. Aucun des travaux existants, qu'ils portent sur le rôle des institutions monétaires ou sur la flexibilité du marché du travail ne suffit à justifier la divergence.

Il nous a semblé que le vrai sujet était les domaines d'application de l'innovation. Doit-elle porter sur la productivité, c'est-à-dire sur l'offre, ou sur les capacités, c'est-à-dire sur la demande ? Ou bien sur l'un comme sur l'autre ? Dans le cas des États-Unis, il nous a semblé que les politiques économiques avaient favorisé le progrès technique et son impact sur l'offre et sur la demande. Les politiques économiques des pays européens ont en revanche favorisé les innovations qui portent sur l'offre, c'est-à-dire sur la réduction des coûts de production. Un cercle vertueux de croissance et d'emploi s'instaure naturellement aux États-Unis. Au contraire, en Europe, l'impact du progrès technique a engendré des déséquilibres cumulatifs et donc une croissance faible et un chômage élevé. Aux États-Unis, les politiques économiques ont favorisé ainsi d'amples investissements de capacité et accéléré la diffusion de nouveaux produits en tirant pleinement parti de la révolution des TIC. Au contraire, les pays européens campent sur une politique de l'offre et négligent la demande. Il en résulte un investissement davantage orienté vers la réduction des coûts.

Ce n'est pas la première fois dans l'histoire que de telles divergences apparaissent et que l'on constate des phénomènes de croissance forte, soutenue et de longue durée dans un pays leader tandis que d'autres s'engluent, au même

---

<sup>1</sup>Sur les questions de convergences conditionnelles et sur la croissance, voir [Barro, 1997, Barro et Sala-I-Martin, 1997, Lucas, 1988, Romer, 1990, Solow, 1956].

moment, dans une quasi-stagnation. Ces différences de comportement ont été modélisées et la théorie confirme bien l'existence de deux trajectoires de croissance très éloignées : le régime de croissance accélérée et le régime de croissance ralentie.

Cette contribution reprend les grandes lignes de nos travaux<sup>2</sup> : la distinction entre les deux grandes familles d'innovation et d'investissement, notre représentation de la croissance économique et une application empirique à la période qui court depuis les années 1990.

## **2 Au cœur de la divergence : la manière d'innover**

Le fait que l'innovation soit polyforme n'est pas chose nouvelle<sup>3</sup>. L'historiographie des révolutions industrielles a largement mis en avant le rôle du progrès technique, même si, étrangement, certaines questions ont été relativement peu soulevées. Hier, comme aujourd'hui, les économistes n'ont pas réalisé à quel point les choix des consommateurs étaient cruciaux pour le développement économique<sup>4</sup>. Derrière ces choix se situent les décisions de faire ou non des investissements de capacité. Or les politiques économiques doivent favoriser leur développement, ce qui passe par une stimulation de la consommation de produits intégrant les nouvelles techniques. Et les faits nous le rappellent avec ténacité.

Il n'est pas surprenant de voir aujourd'hui une divergence économique aussi forte entre Etats-Unis et Europe dans la mesure où l'ampleur de la consommation américaine de TIC et de nouveaux produits est sans commune mesure avec celle des européens. Ce constat n'est d'ailleurs pas si différent de la situation qui prévalait lors de la première révolution industrielle. Au 18e siècle, la politique économique anglaise, en permettant le développement du pouvoir d'achat et des classes moyennes, a créé des débouchés considérables pour le secteur textile. A la même époque, faute d'une politique économique adaptée, les autres pays européens n'ont pas connu l'émergence d'une classe moyenne solvable dont la consommation de produits nouveaux aurait stimulé les investissements de capacité et donc la croissance.

La consommation de nouveaux produits a en effet joué un rôle majeur dans l'industrialisation anglaise au 18e siècle en incitant les producteurs de textile

---

<sup>2</sup>Cf. les travaux de Flacher, Lorenzi et Villemeur [Flacher et al., 2005].

<sup>3</sup>Cf. [Lorenzi et Bourlès, 1995].

<sup>4</sup>Cf. [Flacher, 2003].

locaux à innover via des investissements de capacité massifs. Le mécanisme est en effet très simple à comprendre : face à la concurrence et au boom de la consommation textile, les producteurs locaux ont été contraints d'introduire des innovations radicales telles que la machine à vapeur et les nouvelles technologies de tissage et de filage, donc d'investir dans de nouvelles capacités.

Paradoxe de l'histoire, le catalyseur du développement des nouvelles formes de consommation se trouve être la production de textile asiatique qui a envahi l'Europe dès la fin du 17e siècle. Ces fameuses cotonnades colorées (les "indiennes") se sont répandues comme une trainée de poudre<sup>5</sup>, transformant les habitudes de consommation : la logique de stock, qui consistait à rapiécer les vêtements usés et à les transmettre d'individu à individu a été remplacée par une logique de flux, de renouvellement régulier de la garde-robe. Les nécessaires investissements de capacité qui en ont découlé ont alors tiré la croissance.

Tout au long des révolutions industrielles suivantes, jusqu'à celle que nous vivons aujourd'hui, nous constatons que les politiques économiques qui ont su promouvoir une demande dynamique et favorable aux nouveaux produits ont connu des trajectoires de croissance bien plus performantes que celles des autres pays. Rappelons du reste que la stratégie américaine actuelle n'est pas nouvelle : dès la fin du 19e siècle, les Etats-Unis ont été les premiers à développer une consommation de masse dont l'automobile fut l'un des principaux emblèmes. Songeons que le taux d'équipement en automobile des américains en 1914 ne sera atteint par les pays européens qu'après 1960...

Depuis le début des années 1990, le phénomène de divergence entre Etats-Unis et Europe en est une autre illustration<sup>6</sup> : tandis que les Etats-Unis ont connu une croissance exemplaire fondée sur le développement de nouveaux produits et de nouvelles capacités, en tirant pleinement profit de la révolution des TIC, de son côté, l'Europe, faute d'une demande aussi forte ou suffisamment stimulée, s'est davantage tournée vers des investissements de procédé, visant à réduire les coûts de production des biens existants.

---

<sup>5</sup>Les propos de l'inspecteur des manufactures, en Champagne, en 1727, illustrent l'intensité de la diffusion de ces tissus : "Toutes les femmes en portent, depuis les femmes des juges jusqu'aux domestiques et même les enfants. J'en ai fait mes plaintes aux subdélégués de ces villes, on m'a répondu qu'il (sic) n'avait pas la vue bonne, et qu'il (sic) n'envoyait rien et qu'il fallait que je fasse de même...".

<sup>6</sup>Cf. [Villemeur, 2004].

### 3 La croissance accélérée ou ralentie : confirmation par la théorie

Pour éclairer ces phénomènes de divergence dans les pays ayant accès aux mêmes techniques, nous avons bâti une représentation théorique centrée autour de l'idée que l'innovation peut s'appliquer à deux grandes catégories d'investissement : les "investissements de capacité", d'une part, qui correspondent au développement de nouveaux produits et qui permettent de répondre à une consommation particulièrement dynamique et les "investissements de procédé", d'autre part, qui visent à réduire les coûts de production des biens existants.

Ces deux types d'investissement ont naturellement des effets distincts sur la croissance et sur l'emploi. Les premiers induisent une augmentation du niveau de la production et une augmentation du niveau de l'emploi. Les seconds réduisent les coûts en diminuant le nombre d'emplois nécessaires pour une production donnée.

Une fois ces éléments de base introduits, la question se pose de savoir s'il existe un ou plusieurs équilibres théoriques possibles entre ces deux catégories d'investissements. L'existence de plusieurs régimes de croissance seraient en effet un facteur explicatif important des phénomènes historiques (et actuels) de convergence et de divergence de croissance entre pays.

Pour répondre à cette question, nous avons modélisé, de manière tout à fait classique, le comportement des firmes : elles maximisent leur profit (ou minimisent leur coût) dans un contexte qui présente un certain nombre de rigidités (rythme de progression des salaires, part des profits, coût des créations d'emplois...) et d'imperfections permettant de donner un caractère réaliste aux conditions de prise de décisions des entrepreneurs. Nous montrons alors un premier résultat. La nature des investissements réalisés et la capacité d'une économie à créer des emplois dépendent de la rentabilité requise par les actionnaires. Une croissance optimale n'est possible que si cette rentabilité requise par les actionnaires n'est pas excessive.

Si tel est le cas, nous montrons alors qu'il existe deux régimes de croissance d'équilibre : le "régime de croissance accélérée", qui se caractérise par une croissance forte de la production et de l'emploi et par une meilleure rentabilité du capital, et le "régime de croissance ralentie", qui se caractérise par une croissance plus faible de la production et de l'emploi et par une moindre rentabilité du capital. Le premier régime se distingue également du second par la nature des investissements (et donc de l'innovation) réalisés : le régime de croissance accélérée est un régime où domine l'investissement de capacité alors

que le régime de croissance ralentie privilégie les investissements de procédé.

Ce résultat, particulièrement important, contribue donc à lever une part de l'énigme qui plane sur la divergence entre les Etats-Unis et l'Europe. Malgré un accès aux mêmes connaissances et aux mêmes technologies, les disparités de croissance peuvent se justifier par les modes d'adoption du progrès technique. Alors que les européens ont davantage privilégié les investissements de procédé, les américains, notamment grâce à une politique économique favorable au développement des nouvelles formes de consommation, ont su privilégier les investissements de capacité.

## 4 De la théorie aux faits

Il ne s'agit pas ici de développer une analyse empirique détaillée mais de mettre en évidence que notre modélisation fournit des ordres de grandeur cohérents avec la réalité de la divergence entre Etats-Unis et Europe dans la période 1992-2004. Au sein de cette période, personne ne contestera que 2000-2002 est une période très exceptionnelle du fait de l'éclatement de la bulle Internet. C'est pourquoi les calculs suivants portent sur une période s'arrêtant à l'année 2000<sup>7</sup>. Nous retrouverions cependant, à partir de 2002-2003, des résultats en accord avec notre modélisation. Pendant cette dernière période, les disparités de croissance entre les Etats-Unis et l'Europe se sont encore accrues. Avec une croissance américaine de 4,3% en 2004 et une prévision autour de 3,5 à 4% en 2005, les Etats-Unis demeurent sur le régime de croissance accélérée. La zone euro, avec une croissance de 1,9% en 2004 et une prévision de seulement 1,3% en 2005, toujours prise dans les turbulences conjoncturelles, n'atteint même pas le régime de croissance ralentie. Les disparités, au sein même de l'Europe, se sont aggravées, les pays les mieux placés (notamment l'Angleterre) se situant autour du régime de croissance ralentie.

Pour établir les quelques éléments empiriques du tableau 1, il nous suffit de faire deux hypothèses assez peu contestables : la première consiste à admettre que les Etats-Unis ont gravité autour du régime de croissance accélérée sur la période 1992-2000 ; la deuxième revient à considérer que les paramètres du modèle sont les mêmes pour l'ensemble des pays d'une économie mondialisée (du fait du même accès aux technologies et à la connaissance)<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup>Pour l'Europe, les estimations que nous faisons commencent en 1994 afin que les résultats ne soit pas perturbés par les turbulences liées à la crise du début des années 1990.

<sup>8</sup>Les paramètres peuvent alors être déduits simplement à partir du taux de croissance et du taux d'investissement moyens de l'économie américaine (voir [Villemeur, 2004]). Nous

Nous pouvons alors comparer, sur les périodes qui nous intéressent, les prédictions du modèle avec les valeurs moyennes réellement mesurées (tableau 1)<sup>9</sup>.

	Régime de croissance ralentie Europe des 15 (1994-2000)		Régime de croissance accélérée Etats-Unis (1992-2000)	
	Valeur théorique	Valeur réelle	Valeur théorique	Valeur réelle
Taux de croissance de la production	2,6%	2,6%	4,0%	3,7%
Taux de croissance de l'emploi	0,5%	1,0%	2,3%	1,8%
Part des profits	29%	31%	29%	33%
Taux de croissance des salaires	2,1%	0,7%	1,7%	1,5%
Investissement	Capacité : 58% Procédé : 42%		Capacité : 70% Procédé : 30%	

TAB. 1 – principales caractéristiques des deux régimes de croissance (accélérée et ralentie).

Nous constatons ainsi que les ordres de grandeurs prédits par notre modèle sont proches de la réalité pour les principaux fondamentaux économiques (taux de croissance de la production, taux de croissance de l'emploi, part des profits et taux de croissance des salaires - cf. tableau 1). Certains écarts peuvent cependant s'expliquer, en particulier pour l'emploi et l'évolution des salaires, par l'existence de disparités entre les pays européens et par la tendance de certains d'entre eux à rejoindre le régime de croissance accélérée à la fin des années 1990, tendance avortée depuis.

Pour ce qui est de la structure de l'investissement, notre modèle donne des ordres de grandeur théoriques particulièrement intéressants mais dont il est difficile de vérifier la validité, faute de mesures adéquates. Dans le régime de croissance accélérée, les investissements de capacité représenteraient ainsi 70%

---

obtenons, en utilisant les notations définies en annexe,  $p_c = 0,22$ ,  $\varepsilon_c^{mx} = 0,13$ . Nous savons par ailleurs que le taux de remplacement des investissements est  $\delta = 0,3$ .

<sup>9</sup>Les taux d'investissement moyens utilisés sont respectivement de 20% et de 18% pour l'Europe et les Etats-Unis.

du total des investissements alors que les investissements de procédé (principalement des investissements de remplacement des capacités existantes dans ce régime de croissance) représenteraient les 30% restants. Dans le régime de croissance ralentie, les investissements de capacité ne représenteraient plus que 58% du total des investissements...

## 5 Conclusion

Cette approche formalisée de la croissance permet d'expliquer une divergence de trajectoire économique qui prend un relief tout particulier lorsque l'on observe les économies américaine et européennes depuis le début des années 1990. Comment, dans un contexte où l'accès aux connaissances et aux technologies est semblable dans l'ensemble des pays occidentaux, ces pays peuvent-ils diverger de manière aussi flagrante ?

Cette approche nous a permis de modéliser cette question et de soutenir la thèse que le type d'investissements réalisés (traduisant la nature des innovations adoptées) explique une partie de cette énigme : il existe ainsi deux régimes de croissance équilibrée et durable. L'un, de "croissance accélérée", qui ressemble fort à la situation américaine des années 1992-2000, et qui se caractérise par le poids important donné aux investissements de capacité (et donc à l'innovation de produit). L'autre, de "croissance ralentie", ressemble fort à la situation européenne des années 1994-2000. Il se caractérise par un poids significativement plus important donné aux investissements de procédé, servant à réduire les coûts de production au détriment de l'emploi et finalement de la croissance.

# Annexe : les grandes lignes de la modélisation

## Investissements, production et emploi : les relations fondamentales

### Investissements et innovation

L'investissement est traditionnellement divisé en deux grandes catégories : l'investissement de capacité et l'investissement de procédé. Ces deux catégories d'investissement sont associées à deux formes différentes d'innovation<sup>10</sup> : les investissements de capacité sont destinés à la production de nouveaux produits ("innovation de produit") et à l'accroissement des capacités de production. Les investissements de procédé sont, eux, réalisés afin de diminuer les coûts. Nous parlons pour ces derniers d'innovation de "procédé" ou de "processus". Bien sûr, cette distinction n'est pas toujours envisageable de manière aussi nette dans la mesure où certains investissements relèvent à la fois de ces deux logiques.

C'est pourquoi nous proposons, dans la suite de cet article, d'adopter les définitions ainsi que la conjecture suivantes :

**Définition 1** *Un investissement est dit "de capacité" ( $I_c$ ) lorsqu'il engendre une croissance du niveau de la production et du niveau de l'emploi.*

**Définition 2** *Un investissement est dit "de procédé" ( $I_p$ ) lorsqu'il implique une diminution du niveau de l'emploi, à production constante.*

**Conjecture 3** *Tout investissement peut se décomposer en investissement de capacité et en investissement de procédé.*

En effet, nous considérons que les investissements peuvent être de quatre types ( $I_p, I_c, I', I''$  - cf. tableau 2) selon qu'ils engendrent ou non une augmentation de la production et selon qu'ils créent des emplois, n'en créent pas ou en détruisent (investissements "labor saving").

Cette conjecture revient à supposer que les investissements de type  $I'$  et  $I''$  sont des investissements hybrides dont une part peut être représentée par des investissements de capacité et l'autre par des investissements de procédé. Ainsi,  $I' = I'_c + I'_p$  et  $I'' = I''_c + I''_p$ , où  $I'_c = \alpha I'$  et  $I''_c = \beta I''$  sont les investissements de capacité contenus dans  $I'$  et  $I''$  et où  $I'_p = (1 - \alpha) I'$  et  $I''_p = (1 - \beta) I''$  sont les investissements de procédé contenus dans  $I'$  et  $I''$ , avec  $(\alpha, \beta) \in [0, 1]^2$ . Cette

---

<sup>10</sup>Voir, par exemple [Bonanno et Haworth, 1998, Rosenkrantz, 1995, Van Duijn, 1983].

	Baisse de l'emploi	Pas d'impact sur l'emploi	Hausse de l'emploi
Hausse de la production	$I'$	$I''$	$I_c$
Pas d'impact sur la production	$I_p$	-	-

TAB. 2 – Les types d'investissement et leurs impacts sur la croissance et l'emploi.

conjecture nous permet donc de simplifier le modèle en ne considérant, par la suite, que les investissements "purs" de capacité et de procédé.

Enfin, nous assimilons l'investissement de remplacement ( $I_r(t)$ ) à un investissement de procédé. Il est défini classiquement par :

$$\dot{K}(t) = I(t) - I_r(t) = I(t) - \delta I(t) = (1 - \delta) I(t) \quad (1)$$

où  $K(t)$ ,  $I(t)$  et  $\delta$  sont respectivement le capital accumulé, l'investissement global et le taux de remplacement des investissements ( $\delta > 0$ )<sup>11</sup>.

### Investissements et production

Nous définissons la fonction de production ( $Y(t)$ ) sur la base des hypothèses précédentes concernant l'investissement. Nous posons :

$$\dot{Y}(t) = p_c x(t) I(t) \quad (2)$$

où  $I(t)$ ,  $x(t) = \frac{I_c(t)}{I(t)}$ ,  $p_c$  désignent respectivement l'investissement total, la part des investissements de capacité<sup>12</sup> et la productivité des investissements

<sup>11</sup>Dans tout l'article, lorsque une variable  $X(t)$  dépend du temps, sa dérivée par rapport au temps ( $\frac{dX(t)}{dt}$ ) est notée  $\dot{X}(t)$ .

<sup>12</sup>La variation du taux d'utilisation des capacités a un impact sur le régime de croissance. Suivant que ce taux augmente ou diminue, l'impact est équivalent à celui d'une augmentation ou d'une baisse du niveau des investissements de capacité. Dans la suite, nous considérerons que  $I_c(t)$  intègre ces variations. Nous parlerons alors d'investissement de capacité "équivalent" (dont  $x(t)$  représente la part dans l'investissement total).

de capacité. Nous supposons que  $p_c$  est un paramètre strictement positif du modèle caractérisant le niveau de développement technique d'un pays. D'évolution lente, il sera considéré constant dans la suite du modèle. Nous appellerons "efficacité productive" la variable  $x(t)$ . Nous supposerons que  $x(t) \in ]0, 1]$  dans la mesure où nous chercherons à identifier les régimes de croissance (non nuls) soutenables à long terme.

Le taux de croissance de la production peut donc s'écrire simplement de la manière suivante :

$$\frac{\dot{Y}}{Y}(t) = p_c x(t) i(t) \quad (3)$$

où  $i(t) = \frac{I(t)}{Y(t)}$  est le taux d'investissement. De manière équivalente, en prenant  $t_0$  comme instant initial (et en notant  $Y(t_0) = Y_0$ ) :

$$Y(t) = Y_0 e^{p_c \int_{t_0}^t x(t) i(t) dt} \quad (4)$$

Remarquons enfin que la fonction de production peut également s'écrire de manière à faire ressortir sa parenté avec les modèles de croissance endogène de type "AK" puisque, d'après les équations 1 et 3,  $\dot{Y} = \left(\frac{p_c}{1-\delta} x\right) \dot{K}$ . Ici,  $A$  dépend de l'efficacité productive ( $x(t)$ ) et de paramètres du modèle ( $p_c$  et  $\delta$ ). Il apparaît dès lors qu'à une efficacité productive et un taux d'investissement donné, la productivité marginale du capital est constante et la croissance de la production par tête peut donc se poursuivre indéfiniment, conformément aux prédictions des modèles de croissance endogène.

## Investissements et emploi

En supposant que le progrès technique n'est pas de même nature selon le type d'investissement réalisé, notre modèle permet d'établir une relation de "destruction créatrice" (cf. [Aghion et Howitt, 1992]) entre les investissements (et donc le capital) et l'emploi. Ainsi, le capital et le travail sont substituables lorsque l'investissement est un investissement de procédé (ce dernier se traduisant par des pertes d'emplois à production constante). Le capital et le travail sont en revanche complémentaires lorsque l'investissement est un investissement de capacité (puisque ces investissements génèrent à la fois une croissance

de la production et de l'emploi). Finalement, l'évolution du niveau de l'emploi ( $\dot{L}(t)$ ) résulte d'un double mouvement de créations ( $\dot{L}_c(t)$ ) et de suppressions d'emplois ( $\dot{L}_s(t)$ ) :

$$\dot{L}(t) = \dot{L}_c(t) - \dot{L}_s(t) \quad (5)$$

Nous modélisons ce phénomène de "destruction créatrice" par les fonctions suivantes de création et de suppression d'emplois :

$$\frac{\dot{L}_c}{L}(t) = \varepsilon_c(t) x(t) i(t) \quad (6)$$

et

$$\frac{\dot{L}_s}{L}(t) = \varepsilon_s(t) (1 - x(t)) i(t) \quad (7)$$

où  $\varepsilon_c(t)$  et  $\varepsilon_s(t)$  sont des variables strictement positives appelées respectivement coefficients de création et de suppression d'emplois. Ils peuvent être interprétés comme des indicateurs synthétiques de l'efficacité des politiques menées en faveur de l'emploi. Pour simplifier le modèle, nous supposons que ces deux coefficients varient de manière symétrique : une politique favorable à l'emploi contribue à développer les créations d'emplois et à réduire les destructions d'emplois. Nous posons ainsi  $\varepsilon_c(t) = \varepsilon_c^{mx} - \varepsilon_s(t)$  où  $\varepsilon_c^{mx}$  désigne le coefficient maximal de création d'emplois. Il s'agit, par hypothèse, d'une constante qui caractérise l'économie considérée. La fonction d'emploi peut donc finalement s'écrire :

$$\frac{\dot{L}}{L}(t) = \varepsilon_c(t) x(t) i(t) - (\varepsilon_c^{mx} - \varepsilon_c(t)) (1 - x(t)) i(t) \quad (8)$$

$$= \varepsilon_c^{mx} x(t) i(t) - (\varepsilon_c^{mx} - \varepsilon_c(t)) i(t) \quad (9)$$

Soit, de manière équivalente, en prenant  $t_0$  comme période initiale (et en notant  $L(t_0) = L_0$ ) :

$$L(t) = L_0 e^{\varepsilon_c^{mx} \int_{t_0}^t x(t) i(t) dt - \int_{t_0}^t (\varepsilon_c^{mx} - \varepsilon_c(t)) i(t) dt} \quad (10)$$

## Lien entre les fonctions de production et d'emploi

Nous pouvons déduire des équations 3 et 8 la relation entre le taux de croissance de la production et de l'emploi :

$$\frac{\dot{Y}}{Y}(t) = \frac{p_c}{\varepsilon_c^{mx}} \frac{\dot{L}}{L}(t) + \frac{p_c}{\varepsilon_c^{mx}} (\varepsilon_c^{mx} - \varepsilon_c(t)) i(t) \quad (11)$$

Nous montrons ainsi que le taux de croissance de l'emploi dépend du taux de croissance de la production, du taux d'investissement, du coefficient de création d'emploi et de paramètres du modèle. Il est donc possible de définir le domaine de fonctionnement d'une économie dans un digramme de phase (figure 1).

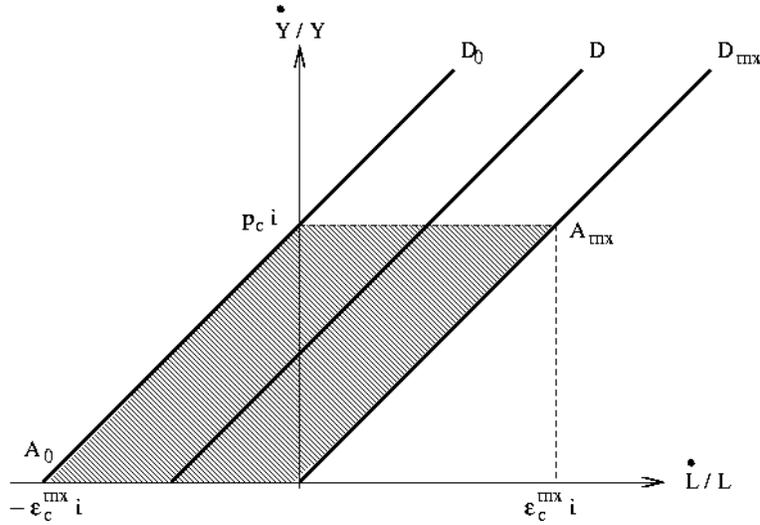


FIG. 1 – Relation entre les taux de croissance de la production et de l'emploi

Les droites  $D_0$  et  $D_{mx}$  représentent les cas polaires de création d'emploi nulle ( $\varepsilon_c(t) = 0$ ) et maximale ( $\varepsilon_c(t) = \varepsilon_c^{mx}$ ). Comme  $x(t) \in ]0, 1]$ , nous avons  $\frac{\dot{Y}}{Y}(t) \in [0, p_c i(t)]$ . La zone de fonctionnement de l'économie dans le diagramme de phases est donc un losange dont l'extension dépend du taux d'investissement. Lorsque ce taux ainsi que le coefficient de création d'emplois sont constants, l'économie évolue sur un segment de  $D$ , parallèle à  $D_{mx}$ .

## Comportement des entreprises et trajectoires optimales

De manière classique, les entreprises prennent leurs décisions en minimisant une fonction de coût sous contraintes. Ces décisions sont prises à chaque instant  $(t)$ . Elles portent sur deux variables :  $x(t)$ , qui décrit notamment la structure des investissements et  $\varepsilon_c(t)$  qui traduit l'efficacité de l'économie du pays en matière d'emploi. Ces décisions sont prises dans le cadre d'une information imparfaite : 1) d'une part les producteurs ne tiennent compte que des données de l'instant considérée (l'optimisation n'est pas intertemporelle) et ont une approche court-termiste ; 2) d'autre part, les producteurs considèrent que le taux d'investissement ( $i(t)$ ), la part des profits ( $c(t)$ ), le taux de croissance des salaires ( $\frac{\dot{\omega}}{\omega}(t)$ ) ainsi que le coût anticipé des créations d'emplois par unité de capital (compte tenu de la rentabilité requise,  $q_r(t)$ )<sup>13</sup> sont exogènes. Les producteurs estiment ne pas avoir d'impact significatif sur ces grandeurs au sein de la période considérée. Les entreprises minimisent, sous ces contraintes, l'accroissement du coût de production ( $\dot{C}oût(t)$ ) par unité produite. Le programme d'optimisation est donc le suivant :

**Conjecture 4** *A chaque instant  $t$ , les décisions des producteurs se déduisent de :*

$$\begin{aligned} & \text{Min} \left\{ \frac{\dot{C}oût}{Y}(t) \right\} \\ & \text{sous les contraintes} \left\{ \begin{array}{l} i(t) = c_1(t) \qquad \qquad \qquad c(t) = c_2(t) \\ \frac{\dot{\omega}}{\omega}(t) = c_3(t) \qquad \frac{\omega(t)L(t)\varepsilon_c(t)x(t)i(t)q_r(t)}{c(t)Y(t)} = c_4(t) \\ x(t) \in ]0, 1] \qquad \qquad \qquad \varepsilon_c(t) \in ]0, \varepsilon_c^{max}] \end{array} \right\} \end{aligned}$$

où

- l'accroissement du coût de production<sup>14</sup> est défini par

$$\dot{C}oût(t) = \omega(t) \dot{L}(t) + \dot{\omega}(t) L(t) + q_r(t) I(t) \quad (12)$$

- les  $c_i(t)$ ,  $i \in \{1, 2, 3, 4\}$  sont des variables exogènes (i.e. ne dépendant que du temps).

La minimisation de l'"accroissement" du coût de production par unité produite se justifie dans une économie imparfaite dans laquelle les choix présents sont de surcroît dépendant des choix passés. En effet, la croissance du niveau

<sup>13</sup>Le coût anticipé des créations d'emplois par unité de capital s'écrit donc, d'après l'équation 6,  $\frac{\omega(t)L_c(t)}{K(t)} = \frac{\omega(t)L(t)\varepsilon_c(t)x(t)i(t)q_r(t)}{c(t)Y(t)}$ .

<sup>14</sup>Ce coût tient compte de l'investissement de remplacement.

de la production engendre des coûts supplémentaires dans un contexte caractérisé par de nombreuses rigidités, que ce soit en termes de main d'oeuvre, de compétences, de technologie ou de capital déjà accumulé. Les producteurs ne visent donc pas la meilleure solution (dans l'absolu) mais la meilleure possible compte tenu de la trajectoire passée et de la situation présente.

**Théorème 5** *Le programme d'optimisation précédent a une solution si et seulement si  $q_r \leq (1 - c) \varepsilon_c^{mx}$  et, à l'optimum :*

$$x(t) = \frac{q_r(t)}{(1 - c(t)) \varepsilon_c^{mx}} \quad (13)$$

$$\varepsilon_c(t) = \varepsilon_c^{mx} x(t) \quad (14)$$

*Lorsque l'optimum existe, nous dirons que l'économie se situe sur une "trajectoire optimale de croissance".*

**Démonstration.** Cf. à la fin du document. ■

Nous pouvons d'abord noter que la rentabilité requise par les actionnaires doit être inférieure à une certaine limite pour que l'économie puisse atteindre une trajectoire optimale de croissance. Dans ce cas, sur une telle trajectoire, l'efficacité productive ( $x(t)$ ) et le coefficient de création d'emplois ( $\varepsilon_c(t)$ ) sont donc entièrement déterminés par le niveau de rentabilité requise ( $q_r(t)$ ), la part des profits ( $c(t)$ ) et les paramètres du modèle.

Graphiquement, pour un taux d'investissement donné, la trajectoire optimale de croissance se situe sur le segment  $]A_0, A_{mx}]$  du diagramme de phase représentant les taux de croissance de la production et de l'emploi (figure 2), où  $A_0 = \left( \frac{\dot{Y}}{Y} = 0; \frac{\dot{L}}{L} = -\varepsilon_c^{mx} i \right)$  et  $A_{mx} = \left( \frac{\dot{Y}}{Y} = p_c i; \frac{\dot{L}}{L} = \varepsilon_c^{mx} i \right)$ . Le support de ce segment est défini par la droite d'équation  $\frac{\dot{Y}}{Y}(t) = \frac{p_c}{2\varepsilon_c^{mx}} \frac{\dot{L}}{L}(t) + \frac{p_c i(t)}{2}$ .  $A_{mx}$  est également caractérisé par le triplet  $(x, \varepsilon_c, q_r)_{mx} = (1, \varepsilon_c^{mx}, (1 - c) \varepsilon_c^{mx})$  qui traduit une situation de croissance maximale de la production et de l'emploi, pour un taux d'investissement et des paramètres fixés.

## Les régimes de croissance accélérée et ralentie

Nous cherchons ensuite à identifier les régimes de croissance équilibrée et durable. Pour cela, nous commençons par introduire la notion de "rentabilité des investissements de capacité". Nous introduisons également celle de "régime de croissance durable".

**Définition 6** La rentabilité des investissements de capacité est définie par

$$q_c(t) = \frac{\dot{Y}(t) - \omega(t)\dot{L}_c(t) - \dot{\omega}(t)L(t)}{(1-\delta)x(t)I(t)}.$$

**Définition 7** Un régime de croissance est dit "durable" si et seulement si  $\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{K}}{K}$ .

**Définition 8** Un régime de croissance est dit "durable" si et seulement si  $q(t) = q_c(t) = q_r(t)$  et  $\frac{\partial q(t)}{\partial t} = 0$ .

Cette dernière définition exprime le fait que les investissements de capacité ne peuvent être durablement plus rentables que la moyenne des autres investissements et que la rentabilité requise ne peut être plus importante que la rentabilité moyenne sur longue période. En nous appuyant sur cette définition et sur les résultats précédents, nous pouvons finalement montrer le théorème suivant.

**Théorème 9** Il existe deux régimes optimaux de croissance équilibrée et durable, définis respectivement par :

$$A_m \left( \begin{array}{l} x = \frac{1}{2-\delta}, \varepsilon_c = \frac{\varepsilon_c^{mx}}{2-\delta} \\ q = q_c = q_r = \frac{p_c \varepsilon_c^{mx}}{(2-\delta)[p_c + (1-\delta)\varepsilon_c^{mx}]}, c = \frac{(1-\delta)\varepsilon_c^{mx}}{p_c + (1-\delta)\varepsilon_c^{mx}} \end{array} \right) \quad (15)$$

et

$$A_{mx} \left( \begin{array}{l} x = 1, \varepsilon_c = \varepsilon_c^{mx} \\ q = q_c = q_r = \frac{p_c \varepsilon_c^{mx}}{p_c + (1-\delta)\varepsilon_c^{mx}}, c = \frac{(1-\delta)\varepsilon_c^{mx}}{p_c + (1-\delta)\varepsilon_c^{mx}} \end{array} \right) \quad (16)$$

Ces deux régimes de croissance sont appelés respectivement "régime de croissance ralentie" et "régime de croissance accélérée".

Pour ces deux régimes de croissance, les variables fondamentales du modèle (production  $Y(t)$ , emploi  $L(t)$ , capital  $K(t)$  et salaires  $\omega(t)$ ) ne dépendent que du taux d'investissement, des paramètres du modèle et des conditions initiales :

$$Y(t), L(t), K(t), \omega(t) = f(i(t), t \mid p_c, \varepsilon_c^{mx}, \delta, Y_0, L_0, K_0)$$

**Démonstration.** Nous renvoyons à [Flacher et al., 2005]. ■

Dans notre modèle, il existe donc deux régimes optimaux de croissance équilibrée et durable (figure 2). Ces deux régimes se caractérisent notamment par des taux de croissance constants de la production et de l'emploi, qui ne dépendent que des paramètres du modèle et du taux d'investissement. Ces

deux régimes de croissance se distinguent par des performances très différentes. Comme le montre le tableau 3, le régime de croissance ralentie se caractérise par un taux de croissance de la production et de l'emploi nettement inférieurs à ceux qui caractérisent le régime de croissance accélérée. Ainsi, si l'on retient  $\delta = 0,3$  comme ordre de grandeur, il en résulte que, au sein d'économies disposant de techniques comparables (mêmes  $p_c$  et  $\varepsilon_c^{mx}$ ) et d'un même taux d'investissement, alors le taux de croissance de la production (resp. de l'emploi) est 1,7 (resp. 5,7) fois plus faible dans le régime de croissance ralentie que dans le régime de croissance accélérée.

	Régime de croissance ralentie	Régime de croissance accélérée
$\frac{\dot{Y}}{Y}(t)$	$\frac{p_c i(t)}{2-\delta}$	$p_c i(t)$
$\frac{\dot{L}}{L}(t)$	$\frac{\delta \varepsilon_c^{mx} i(t)}{2-\delta}$	$\varepsilon_c^{mx} i(t)$
$c(t)$	$\frac{(1-\delta)\varepsilon_c^{mx}}{p_c+(1-\delta)\varepsilon_c^{mx}}$	$\frac{(1-\delta)\varepsilon_c^{mx}}{p_c+(1-\delta)\varepsilon_c^{mx}}$
$q(t)$	$\frac{p_c \varepsilon_c^{mx}}{(2-\delta)[p_c+(1-\delta)\varepsilon_c^{mx}]}$	$\frac{p_c \varepsilon_c^{mx}}{p_c+(1-\delta)\varepsilon_c^{mx}}$
$\frac{\dot{\omega}}{\omega}(t)$	$\frac{p_c - \delta \varepsilon_c^{mx}}{2-\delta} i(t)$	$(p_c - \varepsilon_c^{mx}) i(t)$
$x(t)$	$\frac{1}{2-\delta}$	1
$\varepsilon_c(t)$	$\frac{\varepsilon_c^{mx}}{2-\delta}$	$\varepsilon_c^{mx}$
$I(t)$	$I_c + (I_p + I_r)$	$I_c + I_r$

TAB. 3 – principales caractéristiques des attracteurs.

## Démonstration du théorème 5

Dans cette démonstration, sachant que l'optimisation est réalisée à chaque instant  $t$ , nous alléons les notations en supprimant le  $t$ .

Grâce aux équations 12 et 8,  $\frac{\dot{Coût}}{Y}$  s'écrit :

$$\frac{\dot{Coût}}{Y} = \left[ \frac{\omega LI}{Y^2} [\varepsilon_c^{mx} x - \varepsilon_c^{mx} + \varepsilon_c] \right] + \frac{\dot{\omega} L}{Y} + \frac{q_r I}{Y} \quad (17)$$

En utilisant les contraintes  $c_i, i \in \{1, 2, 3, 4\}$ , la fonction à minimiser peut s'écrire :

$$\frac{\dot{Coût}}{Y} = (1 - c_2) c_1 \left[ \varepsilon_c^{mx} x - \varepsilon_c^{mx} + \varepsilon_c - \frac{c_3}{c_1} + \frac{q_r}{1-c_2} \right]$$

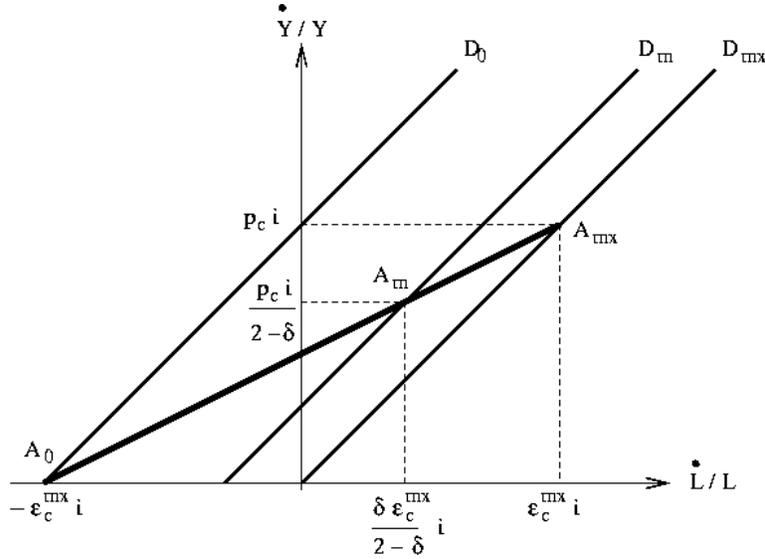


FIG. 2 – Les deux régimes de croissance équilibrée et durable

Nous avons, de plus,  $c_4 = \frac{\omega L \varepsilon_c x i q_r}{c Y} = \frac{(1-c_2)c_1}{c_2} x \varepsilon_c q_r$ . La fonction à minimiser devient donc  $f(x, \varepsilon_c | c, \varepsilon_c^{mx}, c'_4) = \varepsilon_c^{mx} x + \varepsilon_c + \frac{c'_4}{(1-c)x\varepsilon_c}$  où  $(x, \varepsilon_c) \in ]0, 1] \times ]0, \varepsilon_c^{mx}]$  et où  $c$  et  $c'_4 = \varepsilon_c x q_r > 0$  sont exogènes.

Comme  $f(x, \varepsilon_c)$  est positive et de classe  $C^\infty$  sur son domaine de définition, elle admet une borne inférieure. Elle admet également un point critique défini par :

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \varepsilon_c^{mx} - \frac{c'_4}{(1-c)x^2\varepsilon_c} \quad \text{et} \quad \frac{\partial f}{\partial \varepsilon_c} = 1 - \frac{c'_4}{(1-c)x\varepsilon_c^2}$$

soit :

$$(x, \varepsilon_c) = \left( \left[ \frac{c'_4}{(1-c)(\varepsilon_c^{mx})^2} \right]^{\frac{1}{3}}, \left[ \frac{\varepsilon_c^{mx} c'_4}{1-c} \right]^{\frac{1}{3}} \right) \quad (18)$$

Est-il un minimum? Pour le vérifier construisons la matrice hessienne associée à cette fonction en ce point :

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(x, \varepsilon_c) & \frac{\partial^2 f}{\partial \varepsilon_c \partial x}(x, \varepsilon_c) \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial \varepsilon_c}(x, \varepsilon_c) & \frac{\partial^2 f}{\partial \varepsilon_c^2}(x, \varepsilon_c) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2c'_4}{(1-c)x^3\varepsilon_c} & \frac{c'_4}{(1-c)x^2\varepsilon_c^2} \\ \frac{c'_4}{(1-c)x^2\varepsilon_c^2} & \frac{2c'_4}{(1-c)x\varepsilon_c^3} \end{bmatrix}$$

Le deux mineurs diagonaux principaux sont définis par :

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(x, \varepsilon_c) = \frac{2c'_4}{(1-c)x^3\varepsilon_c} > 0$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(x, \varepsilon_c) \frac{\partial^2 f}{\partial \varepsilon_c^2}(x, \varepsilon_c) - \left[ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial \varepsilon_c}(x, \varepsilon_c) \right]^2 = \frac{3(c'_4)^2}{(1-c)x^4\varepsilon_c^4} > 0$$

La matrice hessienne est donc définie-positive. Le point stationnaire est donc bien un minimum global de la fonction.

Il reste enfin à vérifier que les contraintes  $x \in ]0, 1]$  et  $\varepsilon_c \in ]0, \varepsilon_c^{mx}]$  sont bien respectées.

Or, d'après 18, au point critique,  $(x, \varepsilon_c)$  vérifie l'équation :

$$x = \frac{q_r}{(1-c)\varepsilon_c^{mx}} \quad \text{et} \quad \varepsilon_c = \varepsilon_c^{mx} x$$

Il vient alors de manière immédiate :

$$(x, \varepsilon_c) \in ]0, 1] \times ]0, \varepsilon_c^{mx}] \iff \frac{q_r}{(1-c)\varepsilon_c^{mx}} \in ]0, 1] \iff q_r \leq (1-c)\varepsilon_c^{mx}$$

Si  $q_r > (1-c)\varepsilon_c^{mx}$  alors nous pouvons vérifier facilement qu'il n'existe pas de minimum vérifiant l'ensemble des contraintes sur les frontières d'équation  $x = 1$  et  $\varepsilon_c = \varepsilon_c^{mx}$ .

En conclusion, le minimum existe et satisfait l'ensemble des contraintes si et seulement si  $q_r \leq (1-c)\varepsilon_c^{mx}$ . Dans ce cas, nous avons :

$$x = \frac{q_r}{(1-c)\varepsilon_c^{mx}} \quad \text{et} \quad \varepsilon_c = \varepsilon_c^{mx} x$$

## Références

- [Aghion et Howitt, 1992] Aghion, P. et Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(1) :323–351.
- [Barro, 1997] Barro, R. J. (1997). *Determinants of Economic Growth. A Cross-Country Empirical Study*. Economica, Paris.
- [Barro et Sala-I-Martin, 1997] Barro, R. J. et Sala-I-Martin, X. (1997). Technological diffusion, convergence, and growth. *Journal of Economic Growth*, 2(1) :1–27.
- [Bonanno et Haworth, 1998] Bonanno, G. et Haworth, B. (1998). Intensity of competition and the choice between product and process innovation. *International Journal of Industrial Organization*, 16(4) :495–510.
- [Flacher, 2003] Flacher, D. (2003). *Révolutions Industrielles, Croissance et Nouvelles Formes de Consommation*. Thèse de doctorat, Université Paris IX-Dauphine, Paris.

- [Flacher et al., 2005] Flacher, D., Lorenzi, J.-H., et Villemeur, A. (2005). Innovation, nature de l'investissement et sentiers de croissance divergents. *Working paper*.
- [Lorenzi et Bourlès, 1995] Lorenzi, J.-H. et Bourlès, J. (1995). *Le Choc Du Progrès Technique*. Economica, Paris.
- [Lucas, 1988] Lucas, R. E. J. (1988). On the mechanics of development planning. *Journal of Monetary Economics*, 22(1) :3–42.
- [Romer, 1990] Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5, part II) :S71–S102.
- [Rosenkrantz, 1995] Rosenkrantz, S. (1995). *Simultaneous Choice of Process and Product Innovation*. Mimeo, Wissenschaftszentrum, Berlin.
- [Solow, 1956] Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1) :65–94.
- [Van Duijn, 1983] Van Duijn, J. J. (1983). *The Long Wave in Economic Growth*. Allen Unwin, London.
- [Villemeur, 2004] Villemeur, A. (2004). *La Divergence Économique Etats-Unis - Europe*. Economica, Paris.