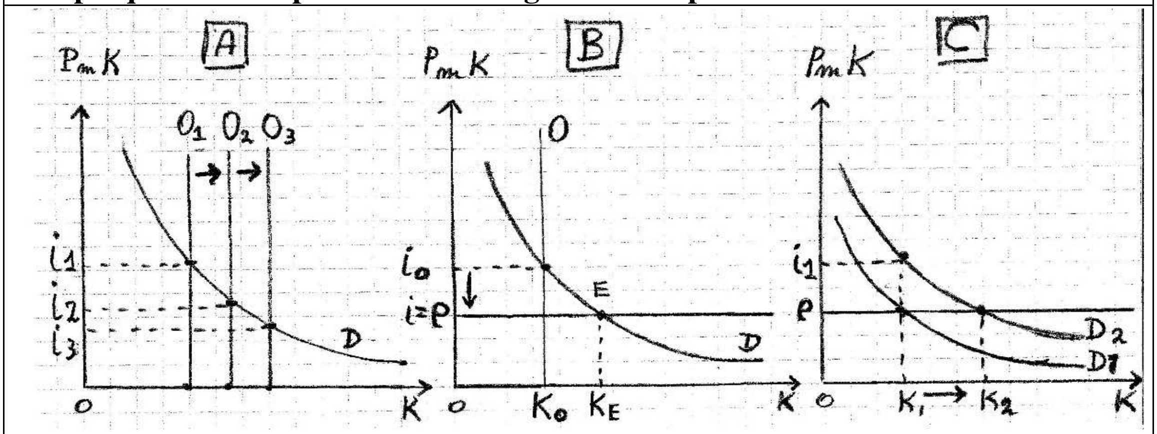
9.6- CAPITAL ET INVESTISSEMENT

CAPITAL OU INVESTISSEMENT ?

Selon Clark, la productivité marginale du capital est à l'intérêt ce que la productivité marginale du travail est au salaire. Mais comment cette théorie opère-t-elle pour transformer la productivité marginale en taux d'intérêt ? Clark fut peu explicite à ce sujet. On trouve une réponse à cette question dans l'article « A Mathematical Theory of Saving » de Frank **Ramsey**[1] (1928).

La courbe de productivité marginale correspond à la demande de capital par les entreprises. Mais quid de l'offre ? Ramsey l'assimile au stock de capital existant. L'offre de capital étant donnée à court terme, elle apparaît sur la figure 3.21-A comme une droite verticale. A long terme, le stock de capital varie du fait de l'épargne investie, ce que le graphique montre par le déplacement latéral de l'offre verticale. A tout instant *t*, le taux d'intérêt se détermine par l'intersection de l'offre et de la demande de capital.

Graphique 3.21 : la productivité marginale du capital et le taux d'intérêt



En abscisse, K représente la quantité de capital ; en ordonnée figurent la productivité marginale, le taux d'escompte du futur et l'intérêt.

Le taux d'intérêt tel que déterminé ci-dessus n'est pas nécessairement le taux d'équilibre à long terme. Celui-ci est atteint lorsqu'il n'y a plus d'incitation à l'investissement (ou au désinvestissement). La donnée fondamentale est ce que Ramsey appelle le *taux d'escompte du futur* qu'on peut rapprocher du taux d'impatience fisherien. Supposons, comme sur la figure 3.21-B, que le capital de la société vaille K_0, avec un taux d'intérêt de i_0. A ce taux, l'incitation à épargner est élevée, parce que le taux d'intérêt dépasse le taux d'escompte du futur, noté ρ. L'investissement de cette épargne pousse progressivement le capital à la hausse avec un taux d'intérêt descendant le long de la demande. Ce processus durera jusqu'à ce que le taux d'intérêt atteigne *i* qui est son niveau d'équilibre où il égale le *taux d'escompte*

[1] Frank Plumpton Ramsey (1903- 1930), brillant intellectuel de l'université de Cambridge, fut philosophe, mathématicien et économiste. Mort à 26 ans, il eut le temps d'introduire le philosophe linguiste autrichien Wittgenstein en Angleterre et de le traduire dans la langue de Shakespeare. Deux de ses contributions économiques marquèrent cette science : un ouvrage sur le lien entre les probabilités et l'incertitude (1926) et le présent article de 1928, sur lesquels nous reviendrons ultérieurement.

du futur. Ramsey pense que le taux d'intérêt peut rester durablement au dessus de son niveau d'équilibre.

Dans l'analyse statique, l'équilibre est un point d'inertie. Evidemment, les changements incessants de l'économie réelle affectent cet équilibre. Par exemple, le progrès technique fait hausser la productivité marginale, ce qu'illustre le passage de la courbe D_1 à la courbe D_2 sur la figure C. Dans ce cas, l'intérêt augmente jusqu'au niveau i_1 qui est au dessus de son niveau d'équilibre à long terme. L'accumulation du capital est de nouveau stimulée, faisant revenir le taux d'intérêt au niveau ρ, mais cette fois avec un capital total plus élevé (K_2).

Cette théorie peut déconcerter : l'économie néoclassique ne nous a pas habitués aux courbes d'offre inélastiques. Pourquoi en arrive-t-on là ? Ramsey écrit : « The difficulty is that the rate of interest functions as a demand price for a whole quantity of capital but as a supply price, not for a quantity of capital, but for a rate of saving »[2]. En le comparant avec leur taux d'escompte du futur, les ménages utilisent le taux d'intérêt pour déterminer leur épargne annuelle qui est un *flux*. De l'autre côté, les entreprises ajustent leur capital total, qui est un *stock*, pour égaliser la productivité marginale avec le taux d'intérêt. Il y a là un hiatus.

La théorie de **Fisher** évite cette difficulté, car elle raisonne en termes de flux, tant du côté de l'épargnant que de celui du producteur. Le taux d'intérêt gouverne ces flux en s'égalisant à la fois avec le taux d'impatience et avec le RROC.

Entre le capital et l'investissement, on a la relation suivante :

$$I_t = \Delta K = K_{t+1} - K_t \qquad (3.38)$$

L'investissement de l'année *t* égale le capital en l'année t+1 moins le capital en l'année *t*. Il s'agit évidemment de l'investissement NET, qui prend en compte la détérioration du matériel.

Chez Ramsey, les entreprises déterminent K_{t+1} par leur politique d'optimisation ; I_t en découle puisque K_t est connu. Chez Fisher, l'optimum conduit les firmes à déterminer I_t ; K_{t+1} se déduit de K_t et I_t. Il semble donc que les entreprises ne puissent avoir en même temps une politique d'investissement optimal et une politique optimisant leur capital. Le caractère énigmatique de cette proposition stimulera les économistes.

Voyons dans le présent chapitre comment certains auteurs tenteront, à partir de cette réconciliation, d'élaborer une théorie de l'investissement alternative à celle de Keynes. Mais commençons par le développement de la thèse keynésienne.

9.6.1- Lerner et l'efficacité marginale de l'investissement

Dans son ouvrage « The Economics of Control » déjà connu du lecteur, Lerner s'intéresse au lien entre la MEI et la productivité marginale du capital.

L'entrepreneur peut faire varier son capital à souhait de façon à égaliser en permanence sa productivité marginale avec le taux d'intérêt. Mais ne pouvant emprunter qu'à elle-même, l'économie globale ne jouit pas de cette liberté à court

[2] Ramsey [293] p. 556.

terme[3]. Elle peut investir ou désinvestir, mais cela prend du temps. L'équilibre de courte période de l'économie globale se résume à l'égalisation de la MEI avec le taux d'intérêt. Selon Lerner, cette règle suffit à assurer l'usage optimal des ressources. L'équilibre de longue période implique quant à lui la double égalité : MEI = taux d'intérêt = productivité marginale du capital. Ceci suppose que le volume du capital ait atteint son niveau optimal ; l'investissement y est donc nul, en attendant une modification des paramètres qui relance la recherche d'un nouvel optimum.

Dans son article « On the Marginal Product of Capital and the Marginal Efficiency of Investment » (1953), Lerner va plus loin. L'idée même de l'égalisation de la productivité marginale du capital avec le taux d'intérêt est entachée d'une difficulté fondamentale. Il y a bien-sûr le problème bien connu de l'hétérogénéité du capital qui rend sa mesure physique impossible. Mais même s'il était homogène et mesurable physiquement, la difficulté persisterait. La productivité marginale du capital est donnée par la formule dY/dK où *Y* est la quantité produite et *K* le stock de capital. Mais *Y* et *K* sont hétérogènes l'un par rapport à l'autre puisque *Y* se compose d'une combinaison de biens de consommation et de biens d'équipement.

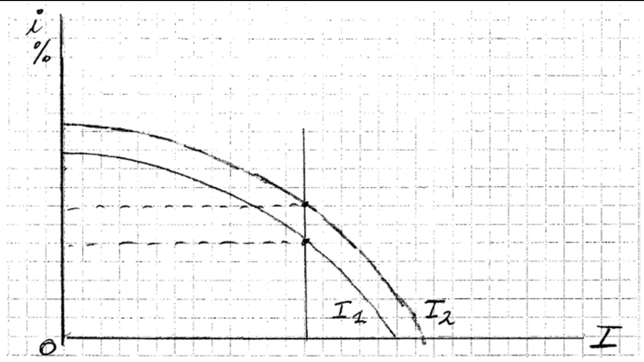
Avec l'exemple bien connu de la sylviculture, Lerner montre que la théorie autrichienne n'est pas plus capable d'élaborer un ratio à égaliser avec le taux d'intérêt. La quantité totale des arbres formant le capital à un moment donné dépend du rapport entre la plantation et la coupe des arbres, c'est-à-dire un facteur assimilable à l'investissement, qui est exogène par rapport à la période de production (durée de vie des arbres avant abattage).

Ce problème d'hétérogénéité ne se pose plus si la comparaison met en regard le sacrifice de consommation au temps t_0 et le surplus de consommation rendu possible au temps $t_0+\Delta t$. C'est cela l'essence de la MEI ; elle est toujours calculable et comparable avec le taux d'intérêt. Lerner écrit : « Is the marginal product of capital equal or not equal to the rate of interest in long run stationary equilibrium ? This question cannot be answered and should not be asked. It is essentially meaningless, because no problems about capital can ever arise. All the problems that look like capital problems turn out to be investment problems (…) So what we have is always a marginal efficiency of investment and never a marginal product of capital »[4].

Pourquoi la courbe d'efficacité marginale de l'investissement (graphique 3.20) est-elle déclinante ? L'impossibilité d'augmenter la quantité de tous les inputs dans une proportion identique est une source de coût croissant. Soit les inputs meilleur marchés sont privilégiés, mais l'accroissement de leur proportion les rend moins efficaces ; soit les proportions optimales sont maintenues, mais les facteurs plus rares renchérissent.

[3] Plus loin dans le chapitre, l'idée que l'entreprise individuelle peut adapter son capital instantanément sera remise en question.
[4] Lerner [226] p. 8

Graphique 9.9 : MEI et accumulation du capital



La courbe I2 pourrait représenter un progrès technique par rapport à I1. Ou bien le passage de I2 à I1 signifierait une augmentation du stock de capital.

L'abscisse indique l'investissement, non le capital. Si à la suite de l'accumulation, le capital augmente, la courbe s'abaisse, tout en gardant sa forme. Par contre, le progrès technique tend à la déplacer vers le haut. Lerner craint toutefois qu'à très long terme, l'abaissement l'emporte. Avec une courbe MEI abaissée, un niveau d'investissement donné ne peut être maintenu que moyennant une diminution du taux d'intérêt. Outre ces facteurs à long terme, la courbe de MEI a son altitude principalement déterminée par les facteurs économiques qui rendent l'investissement plus ou moins souhaitable à court terme.

L'accroissement de l'investissement, c'es-à-dire la poussée vers la droite sur l'abscisse implique que la propension à épargner augmente pour compenser la baisse du taux d'intérêt. On sait que dans l'optique keynésienne, cette propension dépend du revenu ; en injectant des liquidités, l'autorité monétaire peut également favoriser l'épargne.

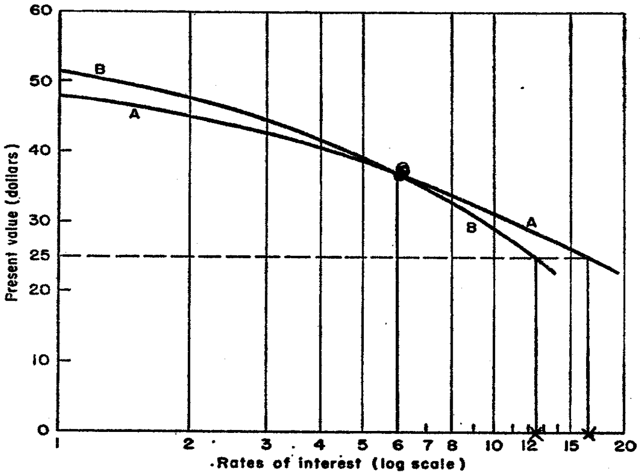
9.6.2- Taux interne de rentabilité et valeur actuelle nette

Dans les écoles de gestion, on enseigne que le *taux interne de rentabilité* et la *valeur actuelle nette* sont deux méthodes à la disposition des entreprises pour sélectionner les investissements à sélectionner.

- Le taux interne de rentabilité est le taux d'escompte qui, appliqué à toutes les recettes et dépenses présentes et anticipées, annule la valeur actuelle totale. Un investissement doit être effectué si ce taux est supérieur au taux d'intérêt en vigueur.
- La valeur actuelle nette est la somme des valeurs des recettes et des dépenses, actualisées au taux d'intérêt en vigueur. L'investissement doit être opéré si cette valeur est supérieure à zéro. On considère que la maximisation de la valeur actuelle nette de la firme devrait être l'objectif fondamental de sa direction.

La MEI keynésienne est clairement un taux interne de rentabilité. Keynes estimait simplement reprendre le concept de RROC élaboré par Fisher. C'est ce que conteste **Alchian** dans son article « The Rate of Interest, Fisher's Rate of Return over Costs and Keynes' Internal Rate of Return » (1955). Contrairement à la MEI, le RROC est un outil pour comparer deux flux de revenus et il hiérarchise les projets selon leur valeur actuelle nette. Alchian donne un exemple comparant deux flux de revenu *A* et *B* relatifs à une même dépense initiale de 25 mais distribués différemment dans le temps (*B* comportant une attente plus longue). La figure 9.10 donne leurs valeurs actuelles nettes respectives pour différents taux d'intérêt en abscisse. Le RROC est le taux qui les égalise, ici 6%. En-deçà, *B* est plus avantageux, au-delà, *A* est préférable. Sur base des MEI, *A* (17%) semble absolument supérieur à *B* (12,5%), ce qui n'est pas un résultat correct.

Graphique 9.10 : taux interne de rentabilité et valeur actuelle nette



Certes, en définitive, la méthode de la MEI retient les deux investissements pour un taux d'intérêt inférieur à 12,5% et l'investissement *A* pour un taux entre 12,5 et 17%, ce qui n'est pas incorrect. Mais elle fait erreur lorsqu'il y a lieu de choisir entre deux opportunités d'investissement mutuellement exclusives. En conclusion, « A ranking of substitutable investments by the Keynesian internal rate of return is not consistent with the maximum of net present wealth »[5]. Comme fondement de la fonction de demande d'investissement, la méthode keynésienne de la MEI n'est donc qu'approximativement juste.

Dans son article « On the Theory of Optimal Investment decision », **Hirshleifer** teste la validité des deux méthodes, valeur actuelle nette et taux interne de rentabilité, dans différentes situations. Il part de l'analyse fishérienne mais il l'extrapole dans des situations plus complexes mais aussi plus réalistes : taux d'intérêt des emprunts supérieur à celui des prêts, taux d'intérêt croissant avec le montant emprunté ou rationnement du crédit.

Rappelons-nous que l'agent fishérien peut non seulement investir, mais également consommer, prêter et emprunter et donc éventuellement emprunter pour investir plus que ses moyens. Les variables sur lesquelles porte l'optimisation sont donc au nombre de quatre, ce que les deux méthodes tendent à occulter.

Après une analyse cas par cas, il s'avère, selon Hirshleifer, que la méthode du taux interne de rentabilité faut dans pas mal de situations. La valeur actualisée nette est plus fiable, sans être parfaite. La critique vient principalement du point de vue fishérien qui considère à tout moment la consommation du revenu comme une option. Les deux méthodes analysées se focalisent sur la meilleure sélection du projet comme si le montant à investir était une donnée intangible. Dans l'optique fishérienne, investir ou prêter reviennent à reporter la consommation à plus tard. Les courbes d'indifférence intertemporelles sont donc déterminantes.

[5] Alchian [4] p. 940

*

Sans doute, Keynes eût-il été mieux avisé de mettre en avant la valeur actuelle nette plutôt que le taux interne de rentabilité, mais ne s'agit-il pas d'un détail par rapport à la globalité du problème macroéconomique ? Une idée de ce que serait la théorie keynésienne avec la valeur actuelle nette nous est donnée par le coefficient *q* de Tobin. Investir si ce coefficient est supérieur à un, revient à investir si la valeur actuelle nette est positive.

9.6.3- Une théorie néoclassique de l'investissement, est-elle possible ?

HAAVELMO POSE LA QUESTION

En 1960 paraît l'ouvrage « A Study in the Theory of Investment » de **Haavelmo**. Il s'agit d'une des premières études microéconomiques sur la question. Son but est de déduire l'investissement optimal de la maximisation du profit. La difficulté vient de ce la fonction de production a comme input les services du capital et non l'investissement ; le passage de l'un à l'autre n'est pas évident.

Prenons un cas simplifié où le capital est le seul facteur de production. On a :

$$x_t = F(K_t) \qquad (9.23)$$

$$\pi_t = p_t.x_t - r_t.q_t.K_t - \delta.q_t.K_t$$

où π est le profit, *x* est la quantité produite, *p* est le prix du produit, *K* est la quantité de capital, *q* est le prix des biens capitaux, *r* est le taux d'intérêt et δ est le taux de dépréciation du capital. La firme voudra maximiser :

$$\int_{t0}^{t0+\theta} e^{-r(t-t0)}.\pi_t.dt \qquad (9.24)$$

La lettre θ désigne l'horizon de la firme[6]. La condition pour la maximisation s'avère être :

$$p.[dF/dK] - q.(r+\delta) = 0 \qquad (9.25)$$

Haavelmo fait la constatation suivante : "if capital is perfectly mobile, it will be adjusted instantaneously at t_0, and kept constant over the whole horizon θ. There is absolutely no room for any non-zero dK/dt in this structure, (except a possible discontinuous jump in *K* at $t = t_0$). No finite change in the amount of capital is demanded for any finite period after $t = t_0$ unless there is a change in the data, i.e., in prices and interest rates"[7]. Bref, il est impossible de déduire une demande d'investissement[8] qui colle avec l'observation de la réalité montrant que la plupart des firmes opèrent des investissements chaque année.

Soit K* le capital optimal. Haavelmo montre que des écarts importants de *K* par rapport à K* sont susceptibles de se produire, sans que la firme s'écarte de son profit

[6] Par hypothèse, l'entrepreneur élabore son plan en prévoyant que *p*, *q* et *r* restent constant sur l'horizon θ.

[7] Haavelmo [125] p. 163

[8] Il s'agit évidemment de l'investissement NET ; le remplacement aura toujours lieu si les conditions générales ne changent pas.

maximal. Il y a un paradoxe : alors que l'incitation à investir fait défaut la plupart du temps, "it is possible to argue that if there is the slightest degree of arbitrariness, or uncertainty about K*, then it is possible that dK/dt for short periods may be very large and fluctuate violently"[9]. L'auteur parle même d'une indétermination entre moins l'infini et plus l'infini. L'idée que le taux d'investissement serait infiniment volatile, si un élément n'intervient pas pour l'étaler, sera reprise dans nombre de contributions sur ce sujet. Elle a un côté absurde car elle se base sur deux éléments irréalistes : le temps continu (et non discret) et l'investissement instantané.

Donc une fonction d'investissement CONTINUE n'a d'existence que dans le cas d'une évolution continue des paramètres de l'équation (9.25). Par exemple, si la fonction de production est sujette à un progrès technique continu[10]. Dans le cas contraire, l'investissement est nul, et ce, quel que soit le taux d'intérêt. Mais comme ce taux (r) est inclus dans l'équation (9.25), une modification de *r* affectera l'investissement ponctuellement, même alors que son niveau importe peu.

L'idée d'un ajustement du capital INSTANTANE, déjà rencontrée chez Lerner, est surprenante. Pourtant, Haavelmo reconnaît lui-même l'existence de délais de mise en œuvre des ajustements du capital. Il cite le temps de la prise de décision et de sa mise en application, la recherche du niveau optimal K* par essai et erreur, le coût d'ajustement d'autant plus élevé que celui-ci est rapide, les contraintes de crédit au niveau des prêts bancaires, la production d'équipements à la commande. Mais selon lui, ces facteurs ne suffisent pas à produire un flux d'investissement quasi-permanent. Etonnamment, il n'envisage pas que la conjonction de ces délais avec la modification des paramètres de 8.87 puisse suffire.

Haavelmo souhaite que la théorie permette de justifier un taux d'accumulation du capital positif et qu'elle puisse expliquer les variations à court terme du taux d'investissement. Mais elle n'y parviendra pas par le mode traditionnel d'une offre de capital qui s'égalise avec une demande correspondante sous l'effet régulateur d'un prix qui serait le taux d'intérêt. Haavelmo conclut : "What we should reject is the naive reasoning that there is a "demand schedule" for investment which could be derived from a classical scheme of producers' behavior in maximizing profit. The demand for investment cannot simply be derived from the demand for capital. Demand for a finite addition to the stock of capital can lead to any rate of investment, from almost zero to infinity, depending on the additional hypothesis we introduce regarding the speed of reaction of the capital-users"[11].

Haavelmo reconnaît qu'il pose plus de questions qu'il n'apporte de réponses. Il ouvre toutefois deux pistes de réflexion :

- le rapport entre *p* et *q* serait fondamental. Une valeur élevée de *q* suscitera l'élévation de la production de biens d'équipement.

[9] Haavelmo [125] p. 164

[10] La présente théorie assigne comme fonction à l'investissement de toujours maintenir le capital à son niveau optimum. Haavelmo remarque que face à un progrès technique dans son secteur, la firme peut se lancer dans un investissement sans qu'intervienne cette motivation du capital optimum.

[11] Haavelmo [125] p. 216. Toutefois, une relation entre le taux d'intérêt et la demande d'investissement pourrait être établie dans la cadre de la statique comparative.

- les perspectives de la consommation sont l'incitant ultime de l'investissement. A ce titre, le partage du revenu des ménages entre l'épargne et la consommation joue un rôle régulateur.

JORGENSON Y REPOND POSITIVEMENT

Faisant écho au livre de Haavelmo, l'article « Captial Theory and Investment Behavior » (1963) de Dale **Jorgenson** veut prouver qu'une théorie néoclassique de l'investissement est possible. "Stated baldly, the purpose of this paper is to present a theory of investment based on the neoclassical theory of optimal accumulation of capital"[12].

Jorgenson procède en deux étapes : d'abord déterminer la demande de capital et ensuite en déduire la demande d'investissement. Comme Haavelmo, Jorgenson raisonne dans le cadre de la concurrence parfaite.

Suivant en cela Hirshleifer, Jorgensen considère que « Demand for capital is determined to maximize net worth »[13].

La valeur de l'entreprise équivaut à la somme des *cash flows* futurs escomptés[14]. On a :

$$R(t) = p(t).Q(t) - w(t).L(t) - q(t).I(t) \qquad (9.26)$$
$$W = \int_0^{\infty} e^{-rt}.R(t)\, dt$$

Où R est le cash flow de la période, p est le prix du produit, Q la quantité produite, w le salaire, L l'effectif employé, q le prix des biens d'investissement et I la quantité investie brute. W est la valeur de l'entreprise à maximiser et r le taux d'intérêt. Les contraintes sont :

$$dK(t)/dt = I(t) - \delta.K(t) \qquad (9.27)$$
$$F(Q,L,K) = 0 \qquad (9.28)$$

Où K indique les services du capital et δ le taux de remplacement dû à la dépréciation. L'équation (9.28) n'est autre que la fonction de production néoclassique bien connue.

Les conditions de la maximisation égalisent les productivités marginales des facteurs K et L avec leur rémunération : $\partial Q/\partial L = w/p$ et $\partial Q/\partial K = c/p$ où c « is the shadow price or implicit rental of one unit of capital service per period of time. We will call this price the user cost of capital ». c vaut :

$$c = q.(r+\delta) - dq/dt \qquad (9.29)$$

Jorgenson suppose que la fonction F est de type Cobb-Douglas et que les variations des gains en capital sont transitoires, ce qui permet de neutraliser dq/dt. Dans ces conditions, le capital optimal, noté K^* est donné par la formule :

$$K^* = \gamma.\frac{pQ}{c} \qquad (9.30)$$

[12] Jorgenson [166] p. 248.
[13] Jorgenson [166] p. 248.
[14] Ce n'est pas le profit mais le *cash flow* qui entre dans la formule. Le coût d'acquisition des investissements est déduit, mais pas l'amortissement. La formule d'Haavelmo était donc erronée.

où γ est l'élasticité de la production par rapport au capital.

Les mathématiques de ce modèle permettent de déterminer un taux d'intensité capitalistique K^*/L, mais si les rendements d'échelle sont constants, ils ne peuvent pas déterminer K^*, comme pourrait le faire un modèle macroéconomique où *L* devient une donnée exogène moyennant l'hypothèse du plein emploi. Pour sortir de cette indétermination, Jorgenson "assume(s) that output and employment on the one hand and capital stock on the other are determined by a kind of iterative process. In each period, production and employment are set at the level given by the first marginal productivity condition and the production function with capital stock fixed at its current level; demand for capital is set at the level given by the second marginal productivity condition, given output and employment. With stationary market conditions, such a process is easily seen to converge to the desired maximum of net worth"[15].

Passons maintenant à la deuxième étape. Chaque période où les paramètres de l'optimisation ont changé (principalement les prix), des investissements sont décidés pour mener le capital réel au capital optimal. Le principe conduisant à un investissement quasi-permanent est tout simplement l'étalement de la concrétisation des investissements décidés.

Les investissements décidés en *t* sont notés I_t^N et les investissements exécutés en *t*, I_t^E. Jorgenson suppose une distribution fixe et identique de tous les investissements dont les paramètres sont *T* (durée) et les α_θ (proportion de l'exécution qui est réalisée en *t*). La somme des α vaut l'unité puisque la firme entend toujours combler le décalage entre K et K^*. La firme choisit d'ignorer que le stock de capital ne sera peut-être plus optimal au moment où il sera opérationnel.

$$I_t^E = \sum_{\theta=0}^{T} \alpha_{\theta}.\, I_{t-\theta}^N \qquad (9.31)$$

Cette formule nous donne l'investissement net. Pour obtenir l'investissement brut, il faut encore ajouter les investissements de remplacement que Jorgenson présume proportionnel au stock de capital dans un rapport δ, ce qui se justifie si le nombre d'équipements individuels est élevé. On a $I_t^R = \delta.K_t$.

Jorgenson teste ensuite sa théorie de l'investissement sur les données empiriques de l'industrie manufacturière américaine. Le résultat conforte la fonction d'investissement

[15] Jorgenson [166] p. 249..Dans l'article « Old and New Formulations of the Neoclassical Theory of Aggregate Investment : A Critical Review », Girardi conteste que ce processus itératif résout le problème. D'abord, il est impossible de sélectionner un capital optimum en considérant comme fixes à la fois l'emploi et la production : c'est l'un ou l'autre. En situation de concurrence, la firme a d'ailleurs la capacité de les faire varier tous deux. Indépendamment de ce problème, en cas de rendements d'échelle constants, le processus itératif ne converge pas vers un capital optimum mais vers l'infini si le prix de vente est supérieur au coût de production et vers zéro s'il est inférieur. Face à ce dilemme, une partie des auteurs néoclassiques mettent l'accent sur les rendements d'échelle décroissants. D'autres renoncent à cette caractéristique de la concurrence parfaite que les firmes peuvent vendre une quantité illimitée au prix du marché.

néoclassique, mais des critiques ont objecté que l'hypothèse de la fonction Cobb-Douglas avait une influence excessive sur ce résultat[16].

Nous avons donc une explication de l'investissement, mais pas encore la fameuse fonction d'investissement décroissante par rapport au taux d'intérêt. C'est dans un article publié en 1967 que Jorgenson construira cette fonction ; le modèle qui y est présenté a les mêmes bases que celui de 1963 mais il prend une direction totalement différente. Pour mettre en avant le taux d'intérêt, Jorgenson donne à l'équation (9.29) une place centrale. Sa démonstration de la relation entre I et r est peu convaincante[17]. Quoi qu'il en soit, la postérité a gardé la mémoire de l'article de 1963, devenu un classique de la littérature néoclassique sur l'investissement, mais a réservé peu d'intérêt à celui de 1967. Jorgenson concluait pourtant celui-ci par un satisfecit : "We conclude that it is possible to derive the demand for investment goods as a function of the rate of interest on the basis of purely neoclassical considerations. However, the demand for investment goods depends on the rate of interest through a comparison of alternative paths of capital accumulation, each continuous and each depending on a time path of the rate of interest"[18].

*

Ce résultat théorique trouve peu d'écho empirique. Une multitude de sondages auprès d'entrepreneurs révèlent que le taux d'intérêt est un critère d'importance tout-à-fait secondaire lors de la prise de décision en matière d'investissement. La première de ces études fut le fait de l'OERG, dans le sillage de celle qui mit en avant le *full cost pricing*. D'autres études dans d'autres pays confirmèrent le résultat. Bien-sûr, la méthodologie de ce genre d'études donne toujours lieu à débat. Ce fut encore le cas ici.

9.6.4- Le coût d'ajustement convexe : solution ultime ?

Jorgensen a écrit ou coécrit plusieurs articles sur la dérivation de l'investissement à partir du capital optimum et il n'est pas le seul à avoir adopté ce point de vue. Dans l'article "Adjustment Costs in the Theory of Investment of the Firm" (1968), **Gould** écrit à ce propos : « The standard approach in these studies has been to derive desired capital stock K^*, from comparative static profit maximization considerations and then to use this K^* as the "long-run" desired capital stock in some auxiliary adjustment mechanism to determinate the firm's investment path. An example of such an auxiliary adjustment mechanism is the geometrically declining distributed lag which may be stated in continuous form by:

[16] Girardi indique que d'une majorité d'études empiriques se dégage une faible élasticité de l'investissement par rapport au coût d'usage du capital, donc une élasticité de substitution basse, en contradiction avec les caractéristiques de la fonction Cobb-Douglas. La faible élasticité-intérêt de l'investissement est également mise en évidence par Sharpe et Suarez.

[17] Le cheminement de la démonstration impose à un moment la constance du coût d'usage c. Ceci implique qu'en cas de variation de r, il y ait compensation exacte entre $\Delta q.r$ et dq/dt. Jorgenson, estime pouvoir assurer que cette égalité est normalement satisfaite, une affirmation que contestera Tobin. Les gains en capital, neutralisés dans l'article de 1963, jouent ici un rôle déterminant.

[18] Jorgenson [167] p. 150.

$$dK(t)/dt = \gamma.(K^* - K) \qquad (9.32)$$ »[19]

Gould impute des lacunes à cette approche: « One resulting difficulty is that many of the variables used to define K^* such as sales or profits are in fact affected by (9.32) and hence do not reflect the 'true' desired capital stock at any point of the investment path before full equilibrium has been achieved »[20]. L'équation (9.32) devrait d'une manière ou l'autre être intégrée dans le problème de maximisation, plutôt que de l'accompagner en externe.

Gould développe mathématiquement sa solution. Son système reprend les équations (9.27) et (9.28) de Jorgenson. Mais l'équation (9.26) est modifiée en :

$$R(t) = p(t).Q(t) - w(t).L(t) - C(I) \qquad (9.33)$$

Ce n'est plus l'investissement *I* qui figure dans l'équation, mais une fonction C(I) qui signifie l'investissement « gonflé » par un ensemble de facteurs qui en aggravent le coût[21]. C'est ce qu'on appelle le *coût d'ajustement de l'investissement*. La notion, qui s'est imposée dans la théorie moderne de l'investissement, est assez large et même un peu vague. On distingue parfois les coûts d'ajustement internes aux entreprises et les coûts d'ajustements externes aux entreprises. La première catégorie comporte toutes les dépenses annexes à l'investissement ainsi que les coûts indirects comme le détournement d'une partie du personnel de ses tâches productives normales. La seconde catégorie comprend essentiellement la hausse du prix des biens d'équipement due à l'accroissement de leur demande, notamment lorsque les producteurs de ce type de biens travaillent à coûts croissants.

Un aspect essentiel de ce concept est la convexité du coût d'ajustement. Par rapport à *I*, C(I) augmente plus que proportionnellement. On a :

$$C(I) > 0 \; ; C(0) = 0 \; ; C'(I) > 0 \; ; C''(I) > 0 \qquad (9.34)$$

L'investissement *I* est un flux lié à une période ; la concentration de dépenses d'investissement sur une période provoquerait un C(I) trop élevé sur cette période, ce qui représente une incitation à les étaler sur plusieurs périodes. Grâce au C(I) convexe, le modèle peut déboucher sur une demande d'investissement généralement positive.

Gould construit un tel modèle, qui aboutit à une fonction d'investissement. Les équations sont trop complexes pour être reprises ici. Gould constate que le sentier de l'investissement I(t) est dépendant du sentier entier de *p*, *w* et *r*. Si on postule la constance de ces trois prix, on retombe sur l'équation (9.32). Mais en dehors de cette hypothèse peu réaliste, il semble impossible d'énoncer une règle concernant le sentier d'investissement, qui serait généralement valable.

[19] Gould [121] p. 47. Les modèles représentés par l'équation (9.32) sont parfois appelés modèles d'*accélérateur flexible*. Comme K^* dépend de la production anticipée, on peut dresser un parallèle entre cette formule et les modèles étudiés au sous-chapitre 8.3.1 qui faisaient dépendre l'investissement des variations du revenu. L'effet des variations du revenu pourra être amplifié au niveau de l'investissement.

[20] Gould [121] p. 47

[21] Les façons de modéliser varient : dans l'équation (9.33), C(I) inclut l'investissement proprement dit ; d'autres auteurs le présentent comme une addition à l'investissement.

Sans les coûts d'ajustement, la firme peut maximiser le profit instantanément à chaque période. Avec ces coûts, elle doit à tout moment considérer le problème dans sa dimension intertemporelle.

Gould n'est pas le premier à mettre en avant les coûts d'ajustement. Eisner et Strotz (1963) et Lucas (1967) en avaient déjà émis l'idée. Voyons comment **Lucas** l'intègre dans son article « Adjustment Costs and the Theory of Supply ». L'article part de cette constatation : la théorie néoclassique de la firme à la mode Marshall-Viner est mise en défaut par les études empiriques ; celles-ci montrent que la croissance de l'offre d'une industrie est généralement satisfaite par la croissance des firmes existantes plus que par celle du nombre de firmes ; il apparaît également que des firmes de tailles variées croissent ensemble sur de nombreux marchés. Nombre d'auteurs cherchent l'explication dans les rendements d'échelle constants, ce qui disqualifie les courbes de coût à long terme en *U*. Lucas propose une explication alternative, où intervient le coût d'ajustement de l'investissement.

Le coût d'ajustement a ici la même signification que chez Gould, mais sa présence dans les équations diffère. La maximisation de la valeur de l'entreprise intervient comme chez Gould et Jorgensen ; les équations (9.26) et (9.27) de ce dernier restent le point de départ. L'originalité se situe dans l'inclusion de l'investissement brut dans la fonction de production :

$$Q(t) = F[L(t),K(t),I(t)] \qquad (9.35)$$
$$F_L > 0 \; ; \; F_K > 0 \; ; \; F_I < 0 \; ; \; F_{LL} < 0 \; ; \; F_{KK} < 0 \; ; \; F_{II} < 0$$

Comme l'indiquent les dérivées par rapport à *I*, un investissement plus élevé au cours d'une même période entraîne une réduction de la production, elle-même de plus en plus sensible. Cela peut s'expliquer par une diversion des ressources.

Lucas ajoute quelques hypothèses qui ont pour but de faciliter le traitement mathématique : la fonction *F* est homogène de degré un[22] ; elle est concave ; elle est décomposable en une fonction F(K,L) et une fonction F(K,I), dont les dérivées partielles doivent répondre à certaines conditions.

Un optimum existe, à partir duquel il est possible de déduire la fonction d'offre Q(t) et les fonctions de demande L(t) et I(t). On a :

$$L(t) = K(t).D_1(w/p) \qquad (9.36)$$
$$I(t) = K(t).D_2(r,\delta,w/p,q/p) \qquad (9.37)$$

Les fonctions (9.36) et (9.37) sont à court terme, c'-à-d pour *K* donné. D_1 est une fonction décroissante de w/p. D_2 est une fonction décroissante de w/p, de q/p, de *r* et de δ. Q(t) est fonction à la fois de D_1 et de D_2. L'effet d'une variation de *p* sur *Q* est contradictoire : d'une part, l'accroissement de *p* relativement à *q* et *w* est le principal incitant à produire plus ; d'autre part, l'augmentation de *I* qui s'ensuit entrave *Q*. Selon Lucas, le premier effet devrait prédominer.

[22] Ce qui ne signifie pas que les rendements d'échelle sont constants, vu la présence de *I* parmi les variables indépendantes.

L'équation (9.38) est déduite de (9.37), avec cette fois la prise en compte de la variation de *K* pour établir l'équilibre de longue période.

$$(dK/dt)/K = D_2(r,\delta,w/p,q/p) - \delta \qquad (9.38)$$

Révélation importante, avec des prix (*p,w,r,q*) constants, le stock de capital augmentera ou baissera à taux constant, un taux qui est indépendant de la dimension du capital (et donc de l'entreprise). L'investissement brut, l'emploi et la production varieront ensemble à un taux valant D_2-δ.

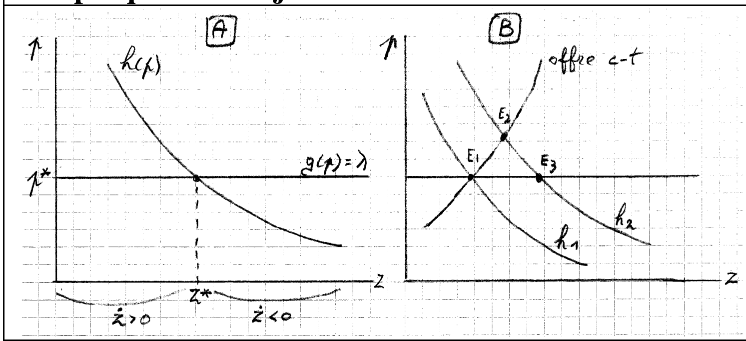
Voyons maintenant l'équilibre au niveau du marché, par hypothèse en concurrence parfaite. Supposons que la demande connaît une croissance continue de taux λ, expliquée par exemple par l'augmentation du revenu national à long terme. L'équation de cette demande est :

$$Q(t).e^{-\lambda t} = z(t) = h(p(t)) \qquad (9.39)$$

Où *z* est la quantité échangée compte tenu de la situation propre à la période considérée (où le taux de croissance λ n'intervient donc pas) et où h(p) est la relation décroissante bien connue de la demande par rapport au prix.

Les firmes ont toutes la même fonction de production ; elles ne diffèrent que par leur valeur de K(0). Lucas émet l'hypothèse que l'accroissement de l'offre se réalise par l'augmentation des productions individuelles des firmes existantes[23]. Le taux de croissance de l'offre globale est, suivant l'hypothèse néoclassique du prix paramétrique, une fonction croissante du prix, notée g(p). Il y a un prix p* qui assure l'égalité entre g(p) et λ, significative de l'équilibre de longue période. La quantité échangée relativement à la dimension du marché prend alors la valeur d'équilibre, z*, correspond au prix p*. Lorsque le prix du marché (donné par la courbe *h*) est supérieur à p* (à gauche de z* sur la figure 9.11-A), g(p) >λ et *z* augmente ; lorsqu'il lui est inférieur, g(p)< λ et *z* diminue. L'équilibre z* est donc stable.

Graphique 9.11 : ajustement de l'offre à la croissance de la demande



La figure 9.11-B montre l'effet d'un déplacement (augmentation) de la courbe de demande (pour toute raison qui rend le produit plus désirable pour le consommateur)[24]. Un nouvel équilibre provisoire E2 s'établit à l'intersection de la nouvelle demande avec l'offre de courte période. Mais g(p) est maintenant supérieur à λ. L'offre va

[23] Les deux autres voies, l'accroissement du nombre de firmes et les fusions-acquisitions sont juste esquissées.

[24] L'accroissement naturel de la demande au taux λ n'entraîne pas le déplacement de cette courbe.

s'accroître jusqu'à l'égalisation entre ces deux variables en E3. Lucas constate que la dynamique de ce rééquilibrage est comparable à celle qui caractériserait une industrie qui fonctionne à coût constant.

Si le taux de croissance de la demande λ avait augmenté, la droite p* se serait élevée ; le nouvel équilibre requerrait un prix plus élevé et une quantité échangée moindre.

En agrégeant (9.37), on peut obtenir la fonction d'investissement du secteur industriel. Ici, la variable *p* devient endogène et elle dépend de λ. « The industry investment demand function so obtained will be a first order differential (or difference) equation in I(t)/K(t) with the levels and rates of change in factor prices *w*, *q* and *r* as 'forcing variables' and with the rate of demand shift, λ, as an additional variable (…) The presence of λ in this function was, of course, a feature of the accelerator hypothesis »[25].

9.6.5- Le *q* de Tobin

Les trois dernières théories étudiées (datant des années soixante) ont en commun de baser l'investissement optimum sur la maximisation de la valeur de l'entreprise. Dans les années soixante-dix, une nouvelle conception vient concurrencer celle-là : la théorie du coefficient *q*, initiée par Tobin, que nous avions analysée au sous-chapitre 7.1.4. Ce coefficient, rappelons-le, est le ratio de la valeur actualisée des revenus escomptés d'un incrément d'une unité de capital sur le prix de livraison de cette unité de capital. La firme a intérêt à investir tant que q >1.

La conception du *q* peut être accommodée du coût d'ajustement au même titre que celle de la maximisation de la valeur. Dans ce cas, *q* vaudra à 1 lorsque l'accroissement des revenus actualisés sera égal à la dépense totale générée par l'investissement en ce compris le coût d'ajustement.

Dans son article « Tobin's Marginal *q* and Average *q*: A Neoclassical Interpretation » (1982), **Hayashi** démontre que les deux conceptions reviennent au même : « It is increasingly recognized that Tobin's conjecture that investment is a function of marginal *q* is equivalent to the firm's optimal capital accumulation problem with adjustment costs »[26]. Il montre comment *q* peut être dérivé des variables intervenant dans la maximisation de la valeur de l'entreprise.

Le coefficient *q* est une variable marginale : c'est l'investissement d'une unité de capital qui est envisagée. « Unfortunately, however, marginal *q* is not directly observable. What we can (in principle) observe is average *q* ». Le *q* moyen égale la valeur de l'entreprise divisée par le coût de remplacement de la totalité de son capital. Hayashi démontre que "marginal *q* and average *q* are essentially the same in the special yet important case where the firm is a price-taker and the production function and the installation function are homogenous"[27].

---

[25] Lucas [236] p. 331.
[26] Hayashi [137] p. 213.
[27] Hayashi [137] p. 218.

9.6.6. Le coût du capital selon Modigliani et Miller

Une marche arrière chronologique nous ramène à 1958. Modigliani et Miller publient l'article "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", qui répond à la question "What is the 'cost of capital' to a firm in a world in which funds are used to acquire assets whose yields are uncertain; and in which capital can be obtained by many different media… ?"[28]. L'article s'articule autour de trois propositions axées sur la structure du capital de l'entreprise (répartition du capital entre fonds propres et fonds empruntés). Les auteurs supposent la concurrence parfaite, l'efficience des marchés financiers, notamment que tous les agents (entreprises et particuliers) jouissent d'une égale facilité d'emprunter ; les obligations des différentes firmes sont considérées comme de parfaits substituts par les épargnants. Les entreprises (indice *j*) sont rangées dans des classes de risque (indice *k*) distinguées par leur taux de capitalisation des revenus sur le marché des actions ρ_k.

1- "the market value V_j of any firm is independent of its capital structure and is given by capitalizing its expected return X_j at the rate ρ_k appropriate to its class"[29]. Avec S_j pour la capitalisation boursière des actions et D_j pour la valeur de marché des emprunts, à l'équilibre, on a :

$$V_j \equiv (S_j + D_j) = X_j/\rho_k \qquad \forall j \in k \qquad (9.40)$$

Comme corollaire, le *coût moyen du capital* X_j/V_j est également indépendant de la structure du capital :

$$X_j/(S_j + D_j) \equiv X_j/V_j = \rho_k \qquad \forall j \in k \qquad (9.41)$$

Les auteurs prouvent cette proposition en montrant que si deux firmes 1 et 2, identiques en tous points sauf la structure du capital, n'avaient pas $V_1 = V_2$, leurs actionnaires pourraient profiter de possibilités d'arbitrage.

2- Dans l'hypothèse normale où le capital investi rapporte plus que le taux d'intérêt des obligations *r*, l'entreprise *j* de la classe *k* qui se finance partiellement par la dette pourra offrir à ses actionnaires un return supérieur à ρ_k. La règle est celle-ci : le return attendu *i* sera une fonction linéaire du taux d'endettement. C'est ce qu'on appelle l'*effet de levier* de l'endettement.

$$i_j = \rho_k + (\rho_k - r).D_j/S_j \qquad (9.42)$$

3- "If a firm in class *k* is acting in the best interest of the stockholders at the time of the decision, it will exploit an investment opportunity if and only if the rate of return on the investment, say ρ^*, is as large as or larger than ρ_k"[30]. Cette règle est valable, quel que soit le mode de financement de l'investissement: autofinancement, emprunt ou augmentation du capital propre.

L'exposé est ici simplifié. Modigliani et Miller analysent les effets de la fiscalité qui habituellement permet la déduction des intérêts mais pas des dividendes.

Le modèle considère ρ_k et *r* comme des données exogènes. ρ_k ne couvre que le risque commercial et industriel. L'écart entre i_j et ρ_k est censé couvrir le risque financier. Modigliani et Miller reconnaissent que si D_j/S_j atteint un niveau inquiétant, *r* qui devient une fonction de l'endettement s'en trouvera accru ; de par (9.42), $(i_j - \rho_k)$

[28] Modigliani & Miller [262] p. 261. L'optique de l'article est microéconomique.
[29] Modigliani & Miller [262] p. 268. J'ai intercalé Vj et Xj.
[30] Modigliani & Miller [262] p. 288

diminue alors avec l'endettement. La prime couvrant le risque financier se réduit donc lorsqu'il s'accroît. Cette conclusion me paraît illogique.

*

L'investissement selon Fisher: voir extrait 19
L'investissement selon Keynes : voir extrait 30