

Chapitre 2

L'impact de l'adoption d'un critère de rentabilité sur les caractéristiques des projets d'investissements retenus

Section 1 Les conséquences du choix d'un critère de rentabilité au stade de l'élaboration des projets d'investissement

1. Critères de rentabilité et dimension optimale d'un projet d'investissement

1.1 L'analyse de 'dimensionnement' de P.Massé

1.2 L'analyse de 'dimensionnement' de F. et V. Lutz

2. Critères de rentabilité et durée d'utilisation optimale d'un équipement

2.1 Détermination de la durée d'utilisation optimale d'un équipement

2.2 La comparaison des durées d'utilisation optimales obtenues à partir des deux critères de base

Section 2 Les conséquences du choix d'un critère au stade de la sélection des investissements

1. Le problème de la non-comparabilité des projets d'investissement

1.1 Les principaux types d'alternatives incomplètes

1.2 Les méthodes utilisées pour réduire les alternatives incomplètes

2. Critères de rentabilité et classement des projets d'investissement

2.1 Les courbes représentatives ne se coupent pas

2.2 Les courbes représentatives se coupent

Les deux critères fondamentaux fondés sur le principe d'actualisation peuvent être utilisés, rappelons-le, à plusieurs étapes de la décision d'investissement :

- d'abord au *niveau du service*, du département *ou* de la filiale dans le cadre de la procédure d'élaboration d'un projet d'investissement; à ce niveau l'on va s'efforcer de dégager plusieurs variantes possibles et rentables d'un même projet et choisir parmi elles la meilleure qui deviendra *le projet* soumis au comité de sélection des investissements ou à la Direction Générale. Ce choix de la meilleure¹ variante signifie avoir jeté son dévolu sur un projet de taille donnée et de durée d'exploitation donnée.

- enfin, *au niveau de la Direction Générale* se pose le problème du choix entre les différents projets retenus au niveau des sections sachant que l'entreprise a rarement² la possibilité de réaliser tous ses projets rentables. (hypothèse de rationnement du capital). Ce choix se matérialise par l'élaboration d'un *classement des projets* d'investissements selon leur rentabilité qui permettra, si tous les fonds nécessaires à la réalisation de tous les projets rentables ne peuvent être levés, de fixer un ordre de priorité dans la réalisation des projets.

Ce sont les conséquences du choix d'un critère de rentabilité à ces deux stades. celui de l'élaboration des projets et celui de la sélection des investissements que nous allons nous efforcer d'analyser au cours de ce second chapitre. Nous ferons ici l'hypothèse que le chef d'entreprise entend rechercher la maximisation de la rentabilité de ses investissements (maximisation du taux de rentabilité dans le cas où il utilise le taux interne de rendement, maximisation de la valeur actuelle nette de ses projets s'il retient plutôt la VAN comme critère de référence) L'étude des problèmes posés par l'adoption de l'un de ces deux critères dans le cadre de *l'élaboration des projets* fera l'objet de la première section. Celle des problèmes posés par l'adoption de l'un des critères dans le cadre de *la sélection des investissements* fera l'objet de la deuxième section.

Section 1 Les conséquences du choix d'un critère de rentabilité au stade de l'élaboration des projets d'investissements

Dans le cadre de cette section nous montrerons que les deux critères retenus peuvent conduire à des politiques très différentes des entreprises en matière d'investissement tant en ce qui concerne la *taille* que *la durée d'utilisation* probable des projets finalement retenus.

Les problèmes concernés peuvent être posés de la façon suivante:

- à une variante qui fournirait un profit de 12 pour une dépense initiale de 100 ne conviendrait-il pas de préférer une autre variante qui rapporterait 20 pour une dépense initiale de 200 ? C'est le problème de la dimension optimale d'un projet d'investissement

- aurait-on intérêt à utiliser ce nouvel équipement jusqu'à l'extrême limite de sa durée de vie physique. ou au contraire, à assurer son remplacement bien avant cette date ? C'est le problème de la durée d'utilisation optimale d'un équipement.

C'est à ces deux questions que nous allons essayer de répondre

¹ compte tenu des ressources disponibles au niveau du service ou de la filiale

² c'est dans le cadre de cette hypothèse que nous nous situons ici

1. Critères de rentabilité et dimension optimale d'un projet d'investissement

Nous nous référerons essentiellement ici à l'analyse que P. Massé³ d'une part, F. et V. Lutz⁴ d'autre part ont fait de ce problème.

Leurs hypothèses sont les suivantes:

-l'investissement étudié est du type *point-input,continuous-output*

-pour un investissement donné, les rentrées nettes de trésorerie constituent une série d'annuités constantes⁵ sur une durée infinie.

- les rentrées nettes de trésorerie varient avec la taille de l'investissement, et seulement avec elle,

- le taux d'actualisation de base k de la firme est présumé demeurer constant tout au long de la période de référence

- la taille de l'investissement est susceptible de varier d'une manière continue et ses résultats soumis à la loi des rendements non proportionnels. Ceci signifie que le choix s'effectuera entre une infinité de variantes, dont chacune se distingue de la précédente par un tout petit accroissement de la dépense initiale d'investissement dI et une variation correspondante $df(I)$ des rentrées nettes de trésorerie.

Les hypothèses présentées nous pouvons étudier les analyses qu'ont faites, chacun des auteurs précités, du problème de la dimension optimale d'un projet investissement:elles sont intéressantes à confronter dans la mesure où elles constituent deux présentations différentes mais complémentaires du même problème

1.1. L'analyse de « dimensionnement » de P. Massé⁶

Sur le graphique .1 ci-après, où ont été portés en abscisse la taille I de l'investissement et en ordonnée le flux des rentrées nettes annuelles de trésorerie $f(I)$ associé à chacune des diverses variantes, la courbe représentative de l'évolution du total actualisé des rentrées nettes de trésorerie sur toute la durée de vie de l'investissement avec la taille de l'investissement est la courbe $\Gamma = (f(I))^7$

Cette courbe est concave vers le bas en raison de la loi des rendements non proportionnels: tout accroissement du coût initial de l'investissement est censé se traduire d'abord par une variation de même sens, mais de plus en plus petite, du total actualisé des rentrées nettes de trésorerie, puis par une variation de sens contraire au-delà d'une certaine taille. Quant au taux d'actualisation k des rentrées nettes de trésorerie il est représenté par la droite k de pente tangente k

³ P.Massé Le choix des Investissements ,Paris:Dunod 1964 2ème édition

⁴ F.et V.Lutz The Theory of Investment of the Firm ,Princeton:Princeton University Press ,1951

⁵ Cette hypothèse n'est pas essentielle. mais elle est retenue car simplifiant considérablement l' analyse .

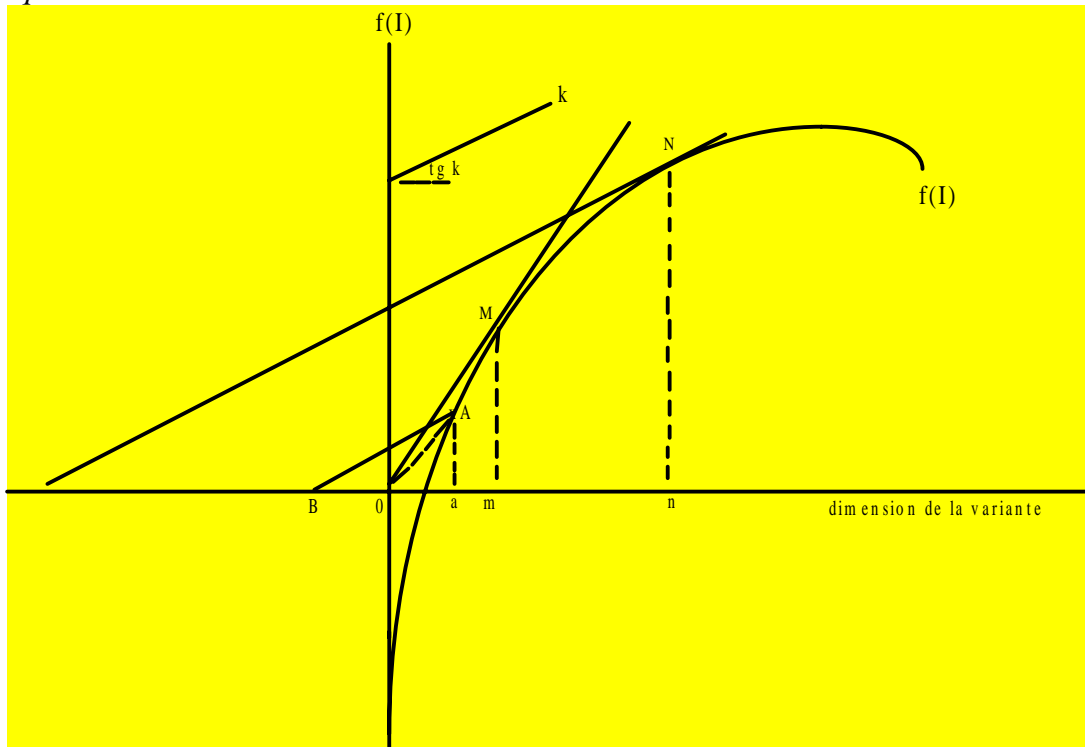
⁶ P Massé. ouvrage cité, pp. 23-24.

⁷ Il est facile de montrer en effet que pour une taille quelconque I ,il est équivalent d'étudier l'évolution du montant annuel des rentrées nettes de trésorerie et l'évolution du total actualisé des rentrées nettes annuelles de trésorerie d'une variante donnée sur toute la durée de vie de l'équipement.

Ce total est en effet égal à $f(I) \cdot \frac{1 - (\frac{1}{1+k})^T}{k}$ qui, dans le cadre des hypothèses précédentes, k positif et T égale à

l'infini, se réduit à $\frac{f(I)}{k}$.

graphique 1



Envisageons une variante quelconque de l'investissement concerné, celle de taille Oa par exemple dont le montant annuel des rentrées de trésorerie serait Aa . Sur le graphique ci-dessus la valeur actuelle nette, d'expression générale $VAN_k(I) = \frac{f(I)}{k} - I$ ⁸ peut être ramenée pour cette variable de taille Oa au segment OB

En effet pour cette variante

$$VAN_k(Oa) = \frac{Aa}{tg\beta} - Oa = \frac{Aa \cdot Ba}{Aa} - Oa = OB$$

Quant au taux interne de rendement du même projet, d'expression générale $r^* = \frac{f(I)}{I}$ ⁹ il est représenté par $tg\alpha$ En effet pour la taille Oa , $r^* = \frac{Aa}{Oa} = tg\alpha$

⁸ la valeur actuelle nette $VAN_k = G = f(I) \cdot \frac{1 - \left[\frac{1}{(1+k)} \right]^T}{k} - I$ devient avec $T = \infty$ et k positif: $G = \frac{f(I)}{k} - I$

⁹ le taux interne de rendement, r tel que $f(I) \cdot \frac{1 - \left[\frac{1}{(1+r^*)} \right]^T}{r^*} - I = 0$ devient, si T est infinie et r^* positif :

$$f(I) \cdot \frac{1}{r^*} - I = 0 \text{ ou encore } r^* = \frac{f(I)}{I}$$

Il est alors facile d'identifier l'impact d'une modification de la taille de l'investissement sur la rentabilité de celui-ci, que cette dernière soit mesurée par le critère de la valeur actuelle nette ou celui du taux interne de rendement. Il apparaît que lorsqu'on fait varier la taille de l'investissement, la valeur actuelle nette et le taux interne de rendement varient:

- dans le *même sens* dans l'intervalle Om , taux interne de rendement et valeur actuelle nette croissant alors parallèlement;

- en *sens contraire* dans l'intervalle mn ; la valeur actuelle nette continue à croître, tandis que le taux interne de rendement diminue;

- de nouveau, dans le *même sens* au-delà de n , lorsque valeur actuelle nette et taux interne de rendement diminuent parallèlement.

Plus précisément le taux interne de rendement atteint son maximum en m , dimension où le taux de rentabilité marginale de l'investissement ¹⁰ est égal à son taux interne de rendement. La valeur actuelle nette quant à elle atteint son maximum en n , dimension où le taux de rentabilité marginale de l'investissement est égal au taux d'actualisation de base de l'entreprise.

La conséquence de cette situation est évidente: le responsable financier qui fonderait son analyse des variantes concurrentes sur la recherche du maximum de son taux interne de rendement aurait tendance à retenir comme projet d'investissement la variante de dimension m . Celui qui, au contraire, fonderait cette analyse sur la recherche du maximum de sa valeur actuelle nette serait porté à soumettre à la Direction Générale la variante de taille n .

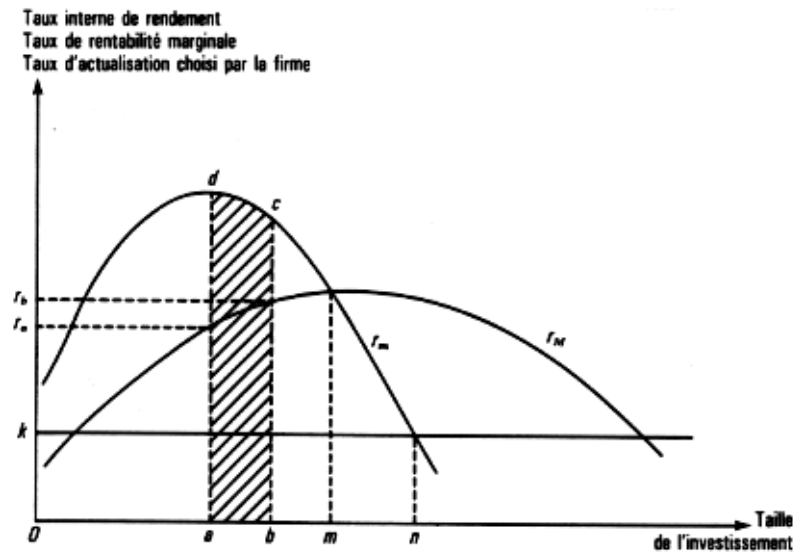
1.2.L'analyse de « dimensionnement » de F. et V. Lutz ¹¹

P. Massé représentait la relation fonctionnelle entre les rentrées nettes de trésorerie et le coût de l'investissement. De cette présentation nous pouvions tirer le taux interne de rendement (la pente de la droite joignant l'origine des axes à chacun des points de Γ) et le taux de rentabilité marginale (la pente de la tangente à Γ en chacun des points de Γ). Ce sont justement les variations de chacun de ces taux que F. et V. Lutz représentent dans un système d'axes où en abscisse est portée la taille de l'investissement et en ordonnée d'une part les deux taux de rentabilité ci-dessus et d'autre part le taux d'actualisation de base de l'entreprise.

¹⁰. Ce taux de rentabilité marginale est égal à la dérivée de la fonction d'évolution des rentrées nettes de trésorerie par rapport à la taille de l'investissement. et peut être représenté en chaque point de Γ par la tangente en ce point à cette courbe.

¹¹ F. et V. Lutz ouvrage cité, pp. 16-22 .

Graphique 2.



Sur cette figure la courbe moyenne r_M correspond aux variations du taux de rendement ¹² La courbe r_m correspond aux variations du taux de rentabilité marginale; k est le taux d'actualisation retenu par l'entreprise.

L'accroissement des rentrées nettes de trésorerie corrélatif à un accroissement de la taille de l'investissement conduit à l'accroissement de la surface située en-dessous de la courbe r_M . Ainsi le passage de a à b se traduit par un accroissement des rentrées nettes de trésorerie représenté par la surface $abcd$. La conséquence en est une augmentation du taux interne de rendement de r_a à r_b .

La taille de l'investissement pour laquelle le taux interne de rendement est maximisé est m : à cette taille on constate une égalité du taux interne de rendement et du taux de rentabilité marginale de l'investissement.

Si le critère utilisé est le critère de la valeur actuelle nette, il peut être intéressant de dépasser cette taille m , notamment tant que les coûts supplémentaires associés au passage d'une variante à une autre de dimension supérieure sont inférieurs à l'augmentation corrélatrice des rentrées nettes de trésorerie. Trois cas à cet égard doivent être distingués:

- si $r_m > k$ tout accroissement de la taille de l'investissement augmente le profit de l'opération,
- Si $r_m = k$ l'augmentation des charges associées à la réalisation de l'investissement supplémentaire est tout juste compensée par l'augmentation des rentrées nettes de trésorerie. La taille optimale de l'investissement est alors atteinte,
- Si $r_m < k$ tout nouvel accroissement de la taille de l'investissement diminue le profit de l'opération.

L'observation du graphique 2 ci-dessus montre que la taille optimale de l'investissement, lorsque l'on utilise le critère de la valeur actuelle nette, est n .

Ainsi là encore, selon que le responsable financier utilisera le critère de la valeur actuelle nette où le critère du taux interne de rendement, la dimension optimale de l'investissement sera différente.

¹²que F et V Lutz appellent *average internal rate* par opposition au taux de rentabilité marginale (*marginal internal rate*) ouvrage cité p 21

2. Critères de rentabilité et durée d'utilisation optimale d'un équipement

Nous allons nous efforcer maintenant de spécifier quelle serait la politique d'une entreprise qui souhaiterait maximiser ses profits et qui, pour cela, ferait reposer ses décisions sur les deux critères fondamentaux précédents faisant appel au principe d'actualisation. La variable de maximisation n'est plus ici la dimension de l'investissement mais la *durée d'utilisation* de l'équipement. C'est à l'analyse théorique de ce problème, telle qu'elle a été élaborée par E. Preinreich¹³, E. Schneider¹⁴ et F. et V. Lutz¹⁵ de nouveau, que nous allons nous référer maintenant¹⁶.

Dans une première étape nous procéderons à la détermination de la durée d'utilisation optimale d'un équipement lorsque le critère retenu est l'un ou l'autre de ces deux critères de base.

Dans une seconde étape, nous tenterons une comparaison des durées d'utilisation optimales obtenues à partir des deux critères.

2.1 détermination de la durée d'utilisation optimale d'un équipement

Dans l'hypothèse d'une maximisation de la valeur actuelle nette

C'est à partir de la formulation « continue » de chacun des critères de rentabilité que nous raisonnerons ici.

Ainsi la valeur actuelle nette qui s'écrit

$$VAN_{\pi} = G = \int_{t=0}^{t=T} (R_t - D_t) e^{-\pi t} dt + S_T \cdot e^{-\pi T} - DEP_0$$

sera maximum pour la durée T qui annulera sa dérivée par rapport à la variable durée d'utilisation de l'équipement, c'est-à-dire pour:

$$\frac{dG}{dT} = (R_T - D_T) e^{-\pi T} + S'_T \cdot e^{-\pi T} - \pi \cdot e^{-\pi T} \cdot S_T = 0$$

ou

$$R_T - D_T + S'_T - \pi \cdot S_T = 0 \quad 17$$

ou encore

$$R_T = D_T + \pi \cdot S_T - S'_T$$

Cette dernière équation signifie que l'équipement introduit aujourd'hui sera à remplacer lorsque la recette marginale liée à l'utilisation de l'équipement au cours de la dernière unité de temps T sera juste égale au coût marginal d'utilisation de cet équipement au cours de la même unité de temps. Dans cette équation:

¹³ E. Preinreich, *The Economic Life of Industrial Equipment*, *Econometrica* 1940.

¹⁴ E. Schneider, *Wirtschaftlichkeitsrechnung*, Tübingen, 1953, p. 89.

¹⁵ F. et V. Lutz, op. cit. chap. 8 et 9.

¹⁶ Une analyse très claire du problème concerné est présentée dans G. Hosmalin, *Investissement, Rentabilité et Progrès technique*, Paris: Editions Génin, 1956.

¹⁷ Nous obtenons cette nouvelle équation en divisant chacun des termes par l'élément commun positif $e^{-\pi T}$

- R_T est le montant des recettes issues de l'exploitation de la machine au cours de sa dernière unité de temps d'exploitation,
- D_T sont les frais d'exploitation supportés au cours de cette dernière unité de temps d'utilisation,
- $\pi.S_T$ est le montant des intérêts perdus au cours de la dernière unité de temps d'exploitation associés au non placement sur cette période des capitaux que représente la valeur de liquidation de l'équipement en activité,
- S'_T est la contrepartie de la dépréciation du capital au cours de la dernière unité de temps d'utilisation ¹⁸.

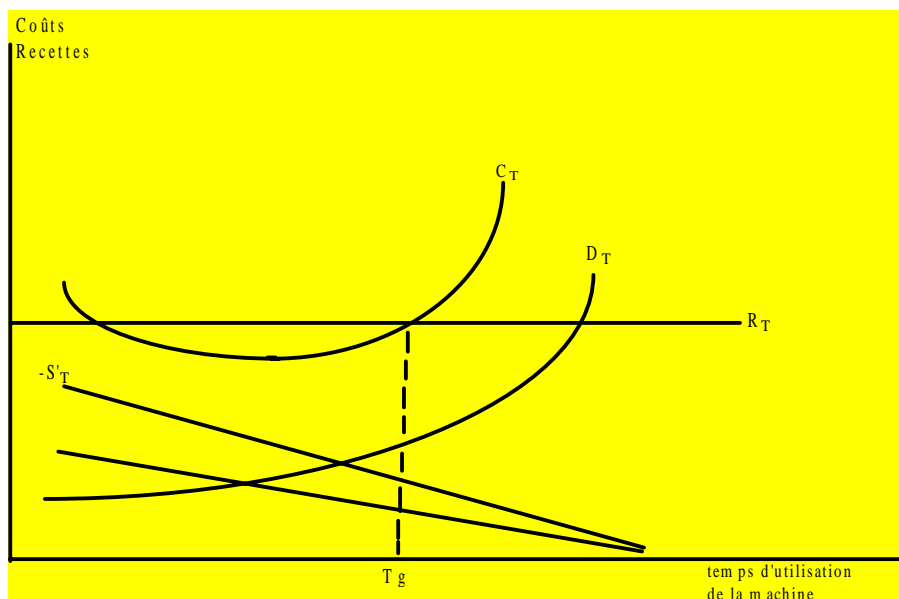
L'ensemble de ces trois derniers éléments constitue le coût marginal d'utilisation de l'équipement au cours de la dernière unité de temps. On l'appellera C_T

Il est possible de représenter graphiquement tous ces éléments; si nous supposons que les recettes constituent une série d'annuités constantes. Les recettes par unité de temps R_T peuvent être représentées par une parallèle à l'axe des abscisses

En ce qui concerne les frais d'exploitation de l'équipement, on constate souvent qu'ils ont tendance à devenir de plus en plus élevés au fur et à mesure que croît le degré d'usure de cet équipement. La courbe représentative D_T sur le graphique 3 correspond à une telle évolution.

Quant aux évolutions de $\pi.S_T$ et $-S'_T$ elles sont liées à l'évolution décroissante de la valeur de liquidation de l'équipement tout au long de durée d'utilisation:

graphique 3



source: G. Hosmalin ouvrage cité

L'addition des trois courbes donne la courbe du coût marginal dont le point de rencontre avec la courbe de recette marginale R_T va déterminer sur l'axe des abscisses la durée d'utilisation optimale de l'équipement T_G

Au-delà de T_G le chef d'entreprise verrait ses profits diminuer; il aurait donc intérêt à remplacer son équipement à cette date.

La durée T_G est donc la durée d'utilisation optimale de l'équipement quand on maximise le profit sur la base du critère de la valeur actuelle nette.

¹⁸ S'_T est la dérivée de la valeur de liquidation de l'équipement. C'est la différence entre la valeur de liquidation constatée lors de la dernière unité de temps d'utilisation et la valeur de liquidation telle qu'elle était une unité de temps plus tôt. L'évolution de la valeur de liquidation de l'équipement étant décroissante avec la durée d'utilisation de cet équipement S'_T est un terme négatif. $-S'_T$ est donc lui positif.

Dans l'hypothèse d'une maximisation du taux interne de rendement

L'expression de celui-ci est, rappelons-le

$$\int_{t=0}^{t=T} (R_t - D_t) e^{-\rho t} dt + S_T e^{-\rho T} = DEP_0$$

La résolution de ce problème est plus difficile que celle du cas précédent. Précédemment la durée d'utilisation optimale de l'équipement était connue lorsque la dérivée de G par rapport à T était nulle; cette dérivation était par ailleurs relativement facile à réaliser dans la mesure où G était une fonction *explicite* de la durée d'utilisation T de la machine.

Dans le cas ci-dessus du taux interne de rendement nous sommes confrontés à une relation fonctionnelle *implicite* entre ρ et T dont le traitement algébrique est difficile.

Il est heureusement possible de résoudre la difficulté en procédant à un traitement *graphique* du problème, tel qu'utilisé notamment par G. Hosmalin¹⁹ La méthode consiste à se donner une série de valeurs pour l'une des variables et à suivre les variations de l'autre.

Ainsi pour $\rho_1 = 1$ la valeur actuelle $V(\rho)$ des rentrées nettes de trésorerie est de

$$V(1) = \int_{t=0}^{t=T} (R_t - D_t) e^{-t} dt + S_T e^{-T}$$

pour $\rho_2 = 2$ elle sera de

$$V(2) = \int_{t=0}^{t=T} (R_t - D_t) e^{-2t} dt + S_T e^{-2T}$$

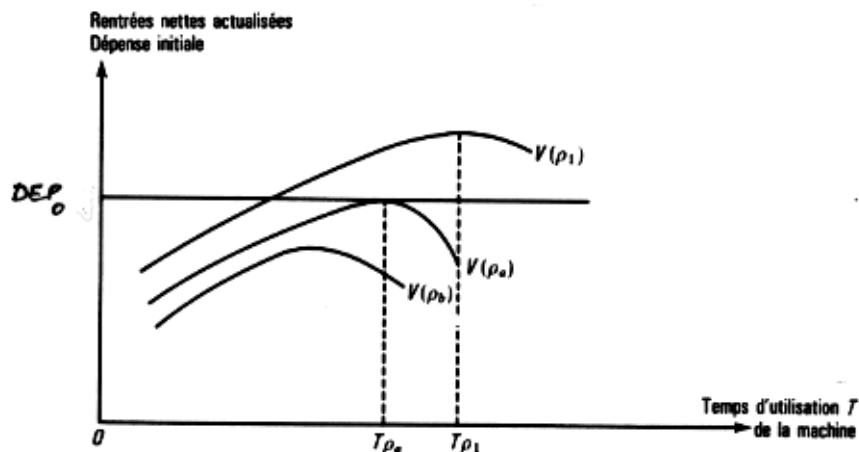
et ainsi de suite pour toutes les valeurs de ρ Nous obtenons une série de nouvelles fonctions qu'il nous est possible de représenter graphiquement dans un système d'axes où le temps est porté en abscisse et les rentrées nettes actualisées en ordonnée.

Les rentrées nettes actualisées $V(\rho)$ sont représentées par une série de courbes en cloche, chaque courbe correspondant à une valeur de ρ . La forme des courbes résulte des hypothèses de départ; S_T diminuant d'une période à l'autre, R_t étant constant et D_t croissant à un taux progressif, l'ensemble $R_t - D_t$, diminuera d'une période sur l'autre; enfin la somme actualisée des rentrées nettes de trésorerie continuera de croître à taux décroissant tant que le flux des rentrées nettes de la période courante sera positif. Lorsque celui-ci sera nul, la courbe passera par un maximum. Elle décroîtra lorsqu'il deviendra négatif.

La dépense initiale de l'investissement sera représentée sur le même graphique par une parallèle à l'axe des abscisses au niveau DEP_0

¹⁹G.Hosmalin, ouvrage cité p127

Graphique 4



Source : G. Hosmalin, [9].

L'abscisse du sommet d'une courbe quelconque nous donne la durée d'utilisation optimale de l'équipement pour le taux d'actualisation correspondant à cette courbe. Ainsi $T\rho_1$ correspond à la durée d'utilisation optimale de l'équipement pour le taux d'actualisation ρ_1 . Pour tout autre taux d'actualisation plus grand que ρ_1 correspond une nouvelle courbe située en bas et à gauche de la précédente. A ce nouveau taux est associée une durée d'utilisation optimale plus courte.

La durée d'utilisation optimale correspondant à l'équation de départ du taux interne de rendement

$$\int_{t=0}^{t=T} (R_t - D_t) e^{-\rho t} dt + S_T e^{-\rho T} = DEP_0$$

est celle indiquée par l'abscisse du point de tangence de la droite DEP_0 à l'une des courbes de la série, la courbe $V(\rho_a)$. Il s'agit en l'occurrence de la durée $T\rho_a$ correspondant au taux d'actualisation le plus élevé qui soit compatible avec l'égalisation de la somme des rentrées nettes actualisées et de la dépense initiale de l'investissement.

$T\rho_a$ est donc la durée d'utilisation optimale de l'équipement quand on maximise le profit sur la base du taux interne de rendement.

2.2. La comparaison des durées d'utilisation optimales obtenues à partir des deux critères de base

La non identité des instruments utilisés précédemment pour la maximisation du profit selon les deux critères de base, ne nous permet pas de comparer les durées d'utilisation optimales T_G et $T\rho_a$. C'est la raison pour laquelle il est utile de faire l'analyse de la valeur actuelle nette dans les mêmes termes que celle du taux interne de rendement.

Si nous écrivons l'équation de la valeur actuelle nette

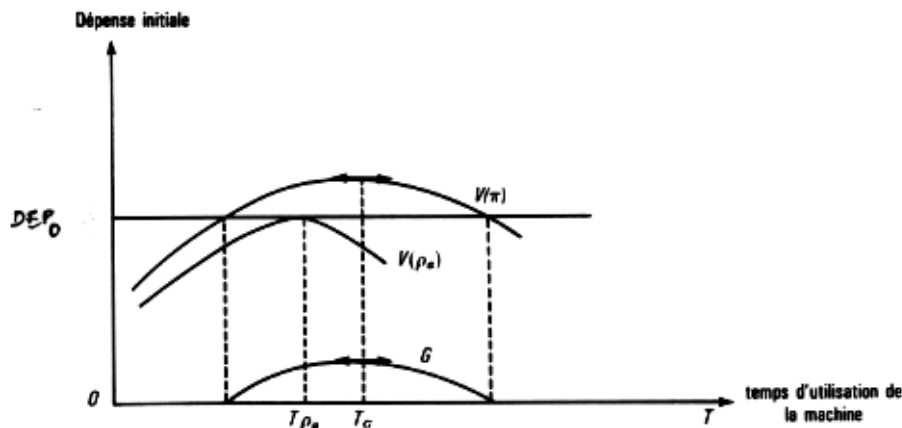
$$G = \int_{t=0}^{t=T} (R_t - D_t) e^{-\pi t} dt + S_T e^{-\pi T} - DEP_0$$

nous remarquons que cette expression n'est qu'un cas particulier de

$$\int_{t=0}^{t=T} (R_t - D_t) e^{-\rho t} dt + S_T e^{-\rho T} - DEP_0$$

celui pour lequel on aurait $\rho = \pi$

Graphique.5



Source : G. Hosmalin.

Le premier membre de cette expression peut donc être représenté graphiquement par une des courbes de la série que nous venons d'étudier. π étant par définition inférieur à ρ_a , la courbe correspondante de π se situe au-dessus et à droite de celle de ρ_a et l'évolution de la valeur actuelle nette

$$G = \int_{t=0}^{t=T} (R_t - D_t) e^{-\pi t} dt + S_T e^{-\pi T} - DEP_0 = V(\pi) - DEP_0$$

est représentée par la courbe G dont l'allure est la même que celle de la courbe $V(\pi)$ dans sa partie supérieure à DEP_0

Dès lors la comparaison des durées d'utilisation optimales de l'équipement selon le critère utilisé est facile à faire. Si l'entreprise utilise le critère de la valeur actuelle nette pour élaborer sa politique de remplacement du matériel, l'équipement sera remplacé au terme de la période T_G pour laquelle l'écart entre la courbe G et l'axe des abscisses est maximum. Si elle utilise au contraire le taux interne de rendement pour asseoir sa politique de remplacement du matériel, la durée d'utilisation optimale de l'équipement sera T_{ρ_a} durée, nous pouvons le remarquer, inférieure à T_G . Si π croît, la courbe $V(\pi)$ va se rapprocher progressivement de la courbe $V(\rho_a)$ et l'écart entre les durées d'utilisation optimales associées aux deux critères s'atténue pour s'annuler lorsque $\pi = \rho_a$, c'est-à-dire lorsque le taux d'actualisation choisi par les dirigeants de l'entreprise est égal au taux interne de rendement maximum du projet. Dans tous les autres cas, avec π différent de ρ , la recherche de la maximisation du taux interne de rendement aboutit à une durée d'utilisation optimale différente (plus courte) de celle à laquelle correspond pour le même équipement la recherche d'une maximisation de la VAN

C'est la conclusion à laquelle nous étions déjà arrivés lors des analyses précédentes de P. Massé et F. et V. Lutz relatives à la dimension optimale des projets d'investissement: ainsi donc les deux critères ,lorsque le chef d'entreprise entend maximiser sa rentabilité de ses investissements,n'aboutissent *pas* aux mêmes résultats tant dans la recherche d'une dimension optimale d'un investissement,que dans la recherche d'une durée d'utilisation optimale de cet investissement.

Ainsi une entreprise qui aurait pour objectif,au stade de l'élaboration de ses projets d'investissement(sélection des variantes),de maximiser son taux interne de rendement ,aurait tendance,entre diverses variantes de dimensions différentes,à opter plutôt pour l'une des variantes les moins coûteuses;²⁰ à l'inverse ,l'entreprise qui,dans les mêmes conditions,chercherait à maximiser sa valeur actuelle nette,aurait tendance à retenir l'une des variantes les plus coûteuses²¹;en tout état de cause ,toutes choses égales par ailleurs,une entreprise cherchant à maximiser le taux de rendement de ses investissements sera conduite tout naturellement à adopter des projets de *taille inférieure* à celle des projets auxquels l'aurait conduit la recherche de la maximisation de sa VAN. D'une manière générale, on peut associer ce comportement ' d'économie des capitaux disponibles' aux entreprises confrontées à une situation de rationnement de capital et/ou dont les ressources financières sont limitées.Sans doute faut-il y voir aussi une attitude d'aversion à l'égard du risque lié à l'investissement une taille plus petite de l'investissement réalisé réduisant d'autant le risque potentiel supporté en cas d'échec du projet.

De même l'analyse théorique précédente a montré qu'une entreprise ayant la volonté de maximiser son taux interne de rendement ,aura ,toutes choses égales par ailleurs,tendance à garder moins longtemps ses équipements que si l'objectif recherché était la maximisation de sa valeur actuelle nette.

Au total , il apparait que le portefeuille de projets (les meilleures variantes retenues au niveau des diverses sections d'exploitation) envoyé au comité des investissements ou à la Direction générale risque d'être très différent selon qu'on aura pour objectif de maximiser son taux interne de rendement ou sa valeur actuelle nette.

Il nous reste à montrer que cette divergence des deux critères n'est pas limitée au seul stade de l'élaboration des projets d'investissements: ce sera l'objet de la section 2 qui étudiera les conséquences du choix d'un critère de rentabilité au stade de la sélection des investissements.

Section 2

Les conséquences du choix d'un critère de rentabilité au stade de la sélection des investissements

Lors de la procédure d'élaboration d'un projet d'investissement, l'utilisation des critères de rentabilité avait pour objet de déterminer laquelle des variantes proposées allait maximiser le profit de l'entreprise. Ces variantes, il est important de le noter, répondaient toutes à la satisfaction d'un même besoin et, par le fait même, étaient de réalisation *incompatible*.

Il n'en est plus de même au niveau de la sélection finale des investissements: tous les projets qui restent en concurrence sont les meilleurs dans leurs domaines respectifs; leur

²⁰ dès lors qu'à ces variantes moins coûteuses sont associés des taux internes de rendement plus élevés

²¹ dès lors qu'à ces variantes plus coûteuses sont associées des VANs plus élevées

rentabilité n'en est pas pour autant identique et il s'agit désormais de réaliser *un classement* des projets en fonction de cette rentabilité .

Mais, pour que les projets puissent faire l'objet d'une comparaison, il faut préalablement s'assurer de leur *comparabilité*.²² Leur comparabilité acquise, le classement des projets selon leur rentabilité permettra aux dirigeants de l'entreprise de connaître l'ordre de priorité des investissements, et le montant du budget d'investissement qui leur assurerait le profit maximum.

Le premier paragraphe de cette section sera consacré à l'étude des problèmes posés par l'éventuelle non-comparabilité des projets, et des moyens d'y remédier.

Le second paragraphe mettra en évidence que même lorsque cette comparabilité des projets concurrents est acquise, l'ordre de réalisation de ces projets dépend du critère de rentabilité retenu.

1. Le problème de la non-comparabilité des projets d'investissement

Dimension et durée de vie sont deux caractéristiques essentielles d'un projet d'investissement. Or l'analyse précédente a montré qu'il était peu probable que les projets d'investissement retenus au niveau des sections d'exploitation et transmis à la Direction Générale aient la même dimension et la même durée de vie. Ce sont ce que l'on a l'habitude d'appeler des « alternatives incomplètes »

1.1. Les principaux types d'alternatives incomplètes

On distingue généralement les alternatives incomplètes du point de vue de la durée, les alternatives incomplètes du point de vue du montant, et enfin les alternatives incomplètes de ces deux points de vue à la fois. Nous nous proposons d'en présenter quelques exemples; dans le cadre de cette présentation nous ferons l'hypothèse que les dirigeants de l'entreprise fondent leur politique d'investissement sur la base du critère de la valeur actuelle nette.

Les alternatives incomplètes du point de vue de la durée de vie

Supposons qu'on ait à classer deux projets d'investissements *A* et *B* dont les caractéristiques sont les suivantes:

Tableau.1

	A	B
Durée de vie de l'équipement	2 ans	4 ans
Dépense initiale	-100	-100
Rentrées nettes de trésorerie	70	50

Si le taux d'actualisation retenu est de 10 % la valeur actuelle nette du projet *A* est 21 ²³ et celle du projet *B* est 58 ²⁴; selon ce critère le projet *B* devrait être réalisé avant le projet *A*. On peut

²² alors même qu'il y a toutes les raisons de penser que ces divers projets ont des tailles différentes et des durées de vie différentes.

²³ . Investissement A: au taux d'actualisation 10 % : $0,909\ 09 + 0,826\ 45 = 1,735\ 54$
 $1,735\ 54 \times 70 = 121$

²⁴ . Investissement B: au même taux d'actualisation:
 $0,90909 + 0,82645 + 0,751\ 32 + 0,68301 = 3,16987$
 $3,16987 \times 50 = 158$

toutefois contester la validité de cette conclusion, en faisant état de la non-comparabilité des projets en question du point de vue de la durée. Cette différence de durée existant. ne conviendrait-il pas en effet d'exiger un réinvestissement pour une période de deux années, des sommes libérées par le projet A à l'expiration de sa durée de vie C'est en quelque sorte le problème de l'investissement *complémentaire*²⁵ à l'investissement principal que l'on vient ici de poser.

Les alternatives incomplètes du point de vue du montant

Supposons que l'on ait cette fois à classer deux projets d'investissement C et D dont les caractéristiques sont les suivantes:

Tableau .2

	C	D
<i>durée de vie de l'équipement</i>	10 ans	10 ans
<i>Dépense initiale</i>	-800	-900
<i>Rentrées nettes de trésorerie</i>	191	211

Au même taux d'actualisation de 10 %, la valeur actuelle nette du projet C est 374 et celle du projet D est 396. Selon ce critère de la valeur actuelle nette D devrait être réalisé avant C. Toutefois le fait que les coûts initiaux des deux projets ne soient pas identiques obère la validité de cette conclusion. En effet on voit tout de suite que le projet C doté d'un investissement *complémentaire*²⁶ rapportant plus qu'un montant actualisé de 20 sur la même période aurait été préférable à D. Il est donc naturel là aussi que l'on se préoccupe de tenir compte des possibilités d'investissements complémentaires dans les cas d'alternatives incomplètes de ce type avant de procéder à une tentative de classement.

Les alternatives incomplètes du point de vue du montant et du point de vue de la durée

Les projets A et C précédents constituent deux exemples d'alternatives incomplètes de ce type.

Tableau .3.

	A	C
<i>durée de vie de l'équipement</i>	2 ans	10 ans
<i>Dépense initiale</i>	-100	-800
<i>Rentrées nettes de trésorerie</i>	70	191

Dans le cas présent c'est deux investissements complémentaires qu'il conviendrait d'associer au projet A: un investissement complémentaire pour tenir compte de la différence des durées, et un autre investissement complémentaire pour tenir compte de la différence des montants initiaux.

1.2. Les méthodes utilisées pour réduire les alternatives incomplètes

La réduction des alternatives incomplètes quant à la durée

Cette homogénéisation des durées des projets concurrents peut prendre plusieurs formes:

²⁵ Avec le sens d'investissement ultérieur.

²⁶ Avec le sens cette fois d'investissement additionnel

-on peut en premier lieu limiter l'horizon du calcul à *la durée la plus courte*. à condition de tenir compte de la valeur résiduelle de l'équipement le plus durable à l'horizon choisi. Ainsi à supposer que dans la comparaison précédente des projets A et B, cette valeur résiduelle du projet B puisse être estimée à 60 au terme des deux premières années, nous aboutissons à deux alternatives complètes A et B' dont les caractéristiques sont les suivantes

Tableau.4

	A	B'
<i>durée de vie de l'équipement</i>	<i>2 ans</i>	<i>2 ans</i>
<i>dépense initiale</i>	<i>-100</i>	<i>-100</i>
<i>rentrées nettes de trésorerie</i>	<i>70</i>	<i>50</i>
<i>valeur résiduelle au terme des 2 ans</i>	<i>0</i>	<i>60</i>

Les données correspondantes conduisent alors au taux de 10 % à une valeur actuelle nette de 21 pour A et 32²⁷ pour B', et donc à un ordre de classement BA des deux projets en présence²⁸.

- on peut en second lieu. et c'est la solution la plus fréquemment suggérée²⁹, ajuster l'horizon du calcul à *la durée la plus longue*

-Si l'on estime pouvoir s'attendre à réaliser un investissement de même nature que l'investissement le plus court, il est souvent recommandé, à l'échéance de celui-ci, de se contenter de *renouveler le projet le plus court* autant de fois qu'il est nécessaire pour atteindre la durée du projet le plus long. Ainsi pour rendre comparables deux projets dont les durées de vie seraient respectivement de 2 et 4 ans, on se contenterait de renouveler une fois le premier projet. Dans l'exemple ci-dessus ceci équivaudrait à transformer le problème de la façon suivante:

Tableau 5

	dépense initiale	Rentrées	nettes de	trésorerie	annuelles
	0	1	2	3	4
projet A'	-100	70	70		
			-100	70	70
	-100	70	-30	70	70
projet B	-100	50	50	50	50

Les données correspondantes conduisent désormais au taux de 10% à une valeur actuelle nette de 39 pour A' et de 58 pour B³⁰, et à un ordre de classement BA des deux projets en question.

²⁷ Investissement B': au taux d'actualisation 10%
 $50(0.90909+0.82645) + 60(0.75132)= 132$

²⁸ La prise en considération de la valeur résiduelle est essentielle: ne pas en tenir compte dans le cas présent conduirait à une valeur actuelle nette négative pour B' et donc à un ordre de classement différent..

²⁹ dès lors que cette durée est raisonnable; par raisonnable nous entendons une durée compatible avec l'horizon habituel de l'entreprise en matière d'investissement. En l'état actuel des possibilités de prévisions financières des entreprises, c'est à une durée de 10 ans maximum qu'il nous paraît raisonnable de limiter cette durée 'la plus longue'

³⁰ Investissement B' : au taux d'actualisation 10%
 $70(0.90909)-30(0.82645)+70(0.75132)+70(0.68301)= 139$

-Si l'on estime au contraire avoir peu de chances de disposer à l'échéance du projet le plus court d'un investissement complémentaire de même nature, la solution qui nous paraît la plus acceptable consiste alors à *explicitement les conditions probables de réinvestissement* des sommes récupérées au terme de la durée de vie du projet le plus court jusqu'à l'échéance du plus long. C'est la solution qui nous paraît la meilleure, et celle que nous retiendrons ultérieurement pour régler ce problème posé par les alternatives incomplètes du point de vue de la durée. Nous renvoyons le lecteur au traitement ultérieur du cas Athis.

La réduction des alternatives incomplètes quant au montant

C'est par le biais d'une hypothèse de même type concernant la rentabilité des sommes correspondant à l'investissement complémentaire qu'il convient de régler ce problème des alternatives incomplètes du point de vue du montant. S'il s'avérait que dans l'exemple de la comparaison des projets C et D, l'investissement complémentaire de C d'un montant 100 puisse rapporter sur 10 ans un taux de rentabilité de $x\%$ et conduire à une valeur actuelle de 430 pour C, l'ordre de classement des deux projets en présence deviendrait CD ($430 > 396$).

En situation de rationnement du capital, une méthode alternative est disponible: en effet puisque l'objectif est, dans ce cas, de trouver le portefeuille de projets qui au total permettra, pour la somme disponible, de fournir la plus forte valeur actuelle nette du portefeuille, la méthode la plus expéditive est de réaliser les projets dans l'ordre de leur rentabilité par franc investi: cette méthode conduit ici à l'ordre de classement CD des deux projets en présence.³¹ ($0.4675 > 0.4400$)

La réduction des alternatives incomplètes du point de vue de la durée et du montant

Ce cas peut être résolu à partir des éléments de solution présentés précédemment: il convient tout d'abord de régler le problème des différences de durée en retenant une durée commune, la durée du projet le plus long, réévaluer leur valeur actuelle nette compte tenu des nouvelles hypothèses retenues, puis tenir compte de leur différence de montant en évaluant leur rentabilité par franc investi³².

1.3. Les investissements complémentaires implicitement retenus lorsqu'on ne s'assure pas de la comparabilité des projets

Une telle situation correspondrait au cas où l'on se contenterait de classer les divers projets d'investissement soumis à la Direction Générale selon leur taux interne de rendement ou selon leur valeur actuelle nette, sans s'être préoccupé de leur différence de taille ou de durée de vie. Il convient de faire remarquer qu'une telle façon de faire suppose *implicitement* l'adoption de certains choix en matière d'investissement complémentaire.

Ainsi, le classement d'alternatives incomplètes sur la base du strict critère de la valeur actuelle nette sans tenir compte des différences de durée ou de montant suppose en fait un investissement complémentaire dont la valeur actuelle nette serait nulle, c'est-à-dire un investissement complémentaire dont le taux de rentabilité serait tout juste égal au taux d'actualisation.

Parallèlement le classement d'alternatives incomplètes sur la base du taux interne de rendement sans tenir compte des différences de durée ou de montant suppose en fait pour chacun des projets concurrents un investissement complémentaire de même nature que

³¹ cette méthode équivaut à retenir comme taux de rentabilité de l'investissement complémentaire celui du projet le plus rentable qui n'a pas encore été sélectionné.

³² une illustration de la méthode utilisée sera présentée ultérieurement lors du traitement du cas Athis.

l'investissement principal c'est-à-dire de taux de rentabilité égal au taux interne de rendement du projet initial.

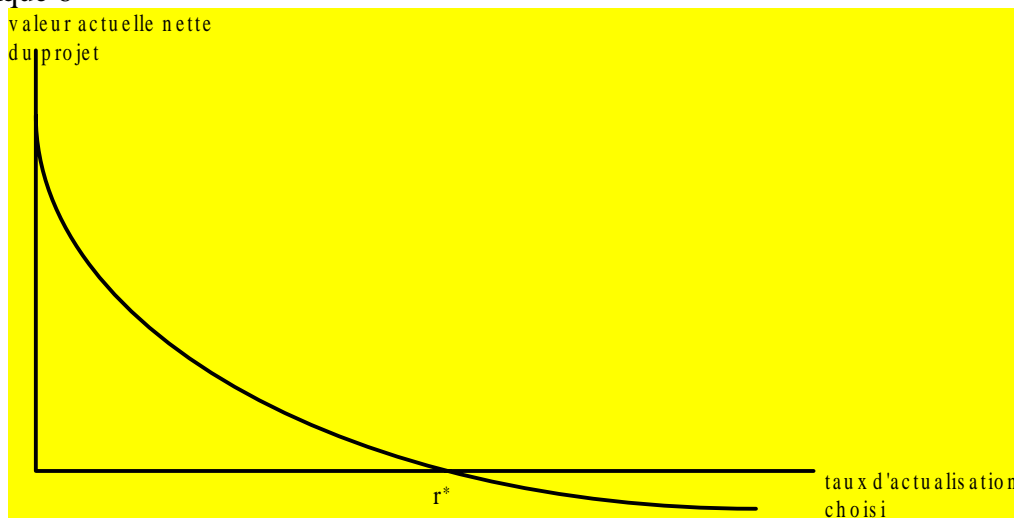
Cette divergence des hypothèses concernant le traitement des investissements complémentaires suffirait à elle seule à susciter des différences de classement des projets indépendamment du critère de rentabilité utilisé. Aussi est-il nécessaire, si l'on veut mettre en évidence l'impact réel du choix d'un critère de rentabilité sur le classement des projets, de raisonner sur la base d'alternatives *complètes*. C'est ce que nous ferons dans le deuxième paragraphe de cette section: la garantie sera même totale ici puisque les deux projets retenus seront supposés totalement homogènes, tant du point de vue du montant que du point de vue de la durée de vie.

2. Critères de rentabilité et classement des projets d'investissement

La preuve que, même dans ces conditions, le choix d'un critère de rentabilité a une incidence directe sur le classement des projets, n'est pas très difficile à apporter.

Notons tout d'abord que si nous représentons graphiquement l'évolution de la valeur actuelle nette d'un projet en fonction du taux d'actualisation retenu, dans un système d'axes où la valeur actuelle nette serait mesurée sur l'axe des ordonnées et le taux d'actualisation sur l'axe des abscisses, nous obtenons généralement une courbe représentative de la valeur actuelle nette de ce projet du type de celle du graphique suivant

Graphique 6



La courbe représentative de la valeur actuelle nette va couper l'axe des abscisses en un point pour lequel la valeur actuelle nette du projet est nulle.

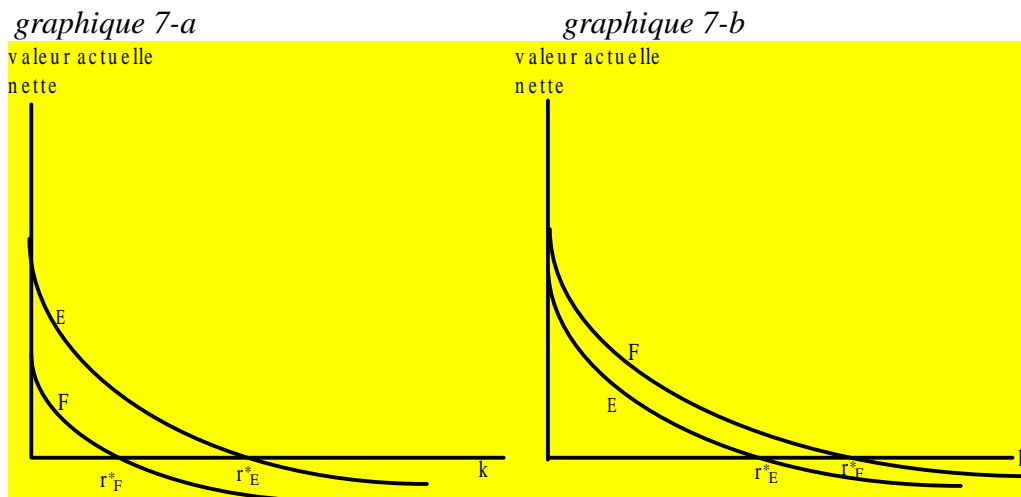
Le taux d'actualisation qui y correspond est le taux interne de rendement du projet ³³

Envisageons maintenant deux projets concurrents *E et F* dont nous allons représenter sur le même graphique l'évolution de leur valeur actuelle nette; deux cas peuvent alors se présenter: ou bien les courbes représentatives des deux projets ne se coupent pas, ou bien elles se coupent.

³³. Par définition le taux interne de rendement d'un projet est le taux qui rend nulle la valeur actuelle nette de ce projet.

2.1. Les courbes représentatives ne se coupent pas

Dans ce cas, quel que soit le taux d'actualisation choisi, les deux critères conduisent à l'adoption du même classement. Cet ordre de classement sera *EF* dans la situation décrite par le graphique 7.a ou *FE* dans la situation décrite par le graphique.7. b.



2.2. Les courbes représentatives se coupent

Les deux projets ci-dessous caractérisés par les séries de rentrées nettes de trésorerie suivantes correspondent à une situation de ce type.

Tableau .6.

	Dépense initiale	entrées nettes	annuelles	de trésorerie	
	0	1	2	3	4
Projet E	-100	10	30	60	80
projet F	-100	60	40	30	20

Si nous appelons "taux de rentabilité relatif" le taux i_r ³⁴ correspondant à l'abscisse du point de rencontre des courbes représentatives des deux projets (ici $i_r = 17,50\%$), et k le taux d'actualisation effectivement retenu par le chef d'entreprise pour fonder sa politique d'investissement, trois cas peuvent se présenter selon les positions respectives de i_r et de k

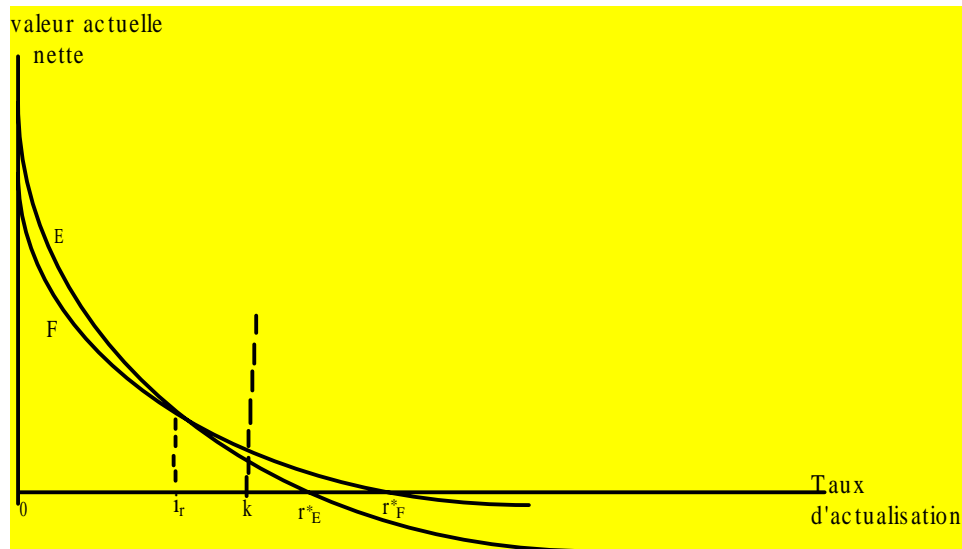
Graphique 8

³⁴ Pour une analyse de la signification de ce "taux de rentabilité relatif", le lecteur pourra utilement se reporter aux articles suivants:

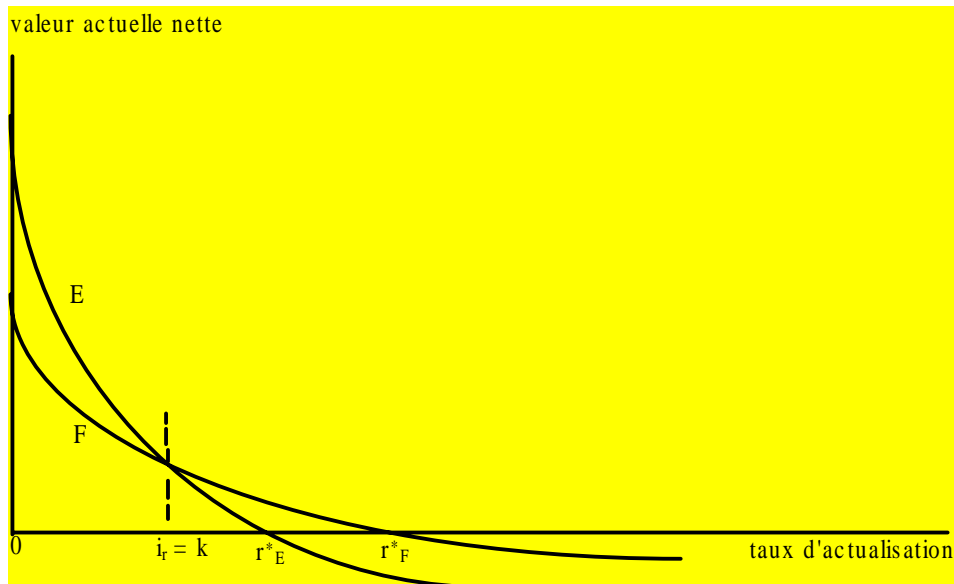
A. A. Alchian, The Rate of Interest, Fisher's Rate of Return over Costs and Keynes' Internal of Return, American Economic Review, December 1955, pp.938-942

et R. Robinson, The Rate of Interest, Fisher's Rate of Return over costs and Keynes' Internal Rate of Return: comment, American Economic Review, December 1956, pp.972-973

Le taux de rentabilité relatif i_r correspond ici au « taux de Fisher ».



Graphique 9

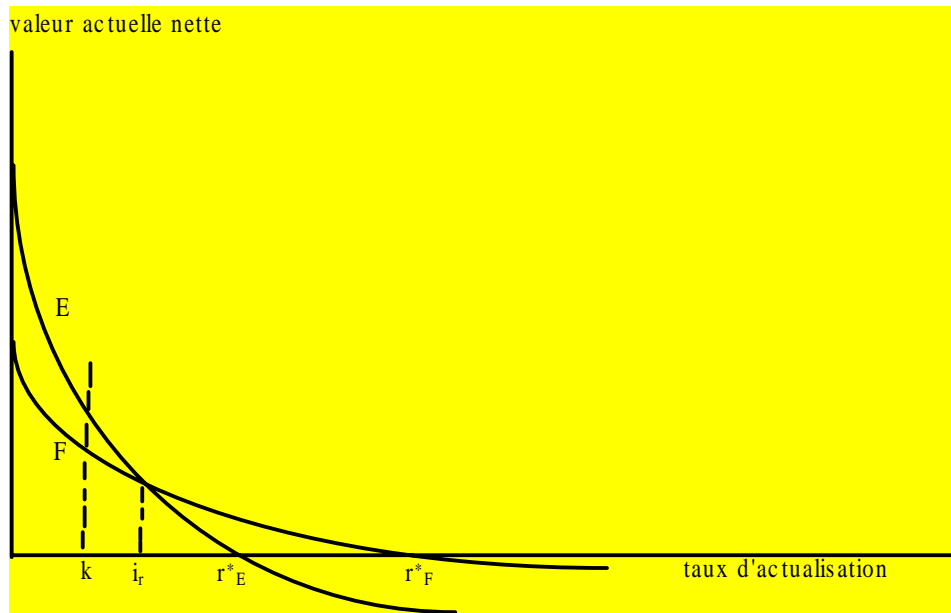


- si $k > i_r$, c'est-à-dire si le taux d'actualisation retenu est supérieur au taux de rentabilité relatif, le projet F sera jugé plus rentable que le projet E quel que soit le critère utilisé (graphique.8.),

- si $k = i_r$, c'est-à-dire si le taux d'actualisation retenu est égal au taux de rentabilité relatif, le projet prioritaire selon le critère du taux interne de rendement est F . Si l'on se réfère au critère de la valeur actuelle nette l'ordre de réalisation des deux projets est indifférent (graphique 9.),

- si $k < i_r$, c'est à dire si le taux d'actualisation retenu est inférieur au taux de rentabilité relatif, l'ordre de préférence des projets sera FE selon le critère du taux interne de rendement et EF dans l'autre cas (graphique.10.)

graphique 10



Dans ce dernier cas, le choix du critère de rentabilité s'avère avoir une grande importance, puisque l'ordre de classement des projets, effectué au niveau de la Direction Générale, apparaît différent selon que l'on utilise le critère du taux interne de rendement ou celui de la valeur actuelle nette.

Si les chefs d'entreprise avaient les moyens de se procurer tous les capitaux nécessaires à la réalisation de tous leurs projets d'investissements rentables, on pourrait à la limite se désintéresser de l'ordre de classement ainsi établi. Toutefois, si tel n'est pas le cas, à des ordres de classement différents correspondront des contenus différents du programme d'investissement qui sera finalement retenu; on ne saurait dès lors se désintéresser du problème posé par le choix du critère de base.

*
* *

L'analyse théorique de la procédure d'élaboration des projets d'investissement nous a montré que le choix par les dirigeants d'une entreprise d'un critère de rentabilité a une incidence directe tant sur la dimension que sur la durée d'utilisation des projets d'investissement de celle-ci.

L'analyse théorique de la procédure de sélection des investissements a mis en outre en évidence l'incidence du choix d'un critère de rentabilité sur leur ordre de priorité.

Le choix d'un critère de rentabilité apparaît donc un élément *majeur* de l'élaboration de la politique d'investissement des dirigeants d'une entreprise. Par leur politique d'investissement ceux-ci figent pour un temps plus ou moins long la structure productive de l'entreprise qu'ils dirigent: les conséquences qui peuvent en résulter sont graves, et justifieraient de leur part le souci de retenir le critère le plus adapté à leur situation. C'est à l'identification de celui-ci que nous allons maintenant nous intéresser dans le cadre du chapitre suivant

Bibliographie

Alchian A.A. « The Rate of Interest, Fischer's Rate of Return over Costs and Keynes' Internal Rate of Return », *American Economic Review*, Dec. 1955, pp. 938-942.

Emery G.W. «Some Guidelines for Evaluating Capital Investment Alternatives with Unequal Lives », *Financial Management*, Spring 1982

Fisher I. *The Theory of Interest*, New York, Macmillan, 1930.

Hosmalin G. *Investissement, rentabilité et progrès technique*, Paris, Editions Génin, 1956.

Lutz F. et V. *The Theory of Investment of the Firm*, Princeton; Princeton University Press, 1951

Massé P. *Choix d'investissement*, Paris:Dunod ,1956

Norstrom C.J. « A Mathematical Connection between The Present Value, the Rate of Return and the Scale of an Investment », *Journal of Business Finance*, Summer 1972, pp.75-77.

Preinreich E. « The Economic Life of Industrial Equipment », *Econometrica*, 1940.

Robinson R. « The Rate of Interest, Fisher's Rate of Return over Costs and Keynes' Internal Rate of Return Comment », *American Economic Review*, Dec. 1956, pp.972-973.

Schneider E. *Wirtschaftlichkeitsrechnung*, Tubingen, 1953.