Coût du capital et étude de rentabilité d'investissement : une formulation unique de l'ensemble des méthodes

Axel Pierru, Denis Babusiaux

ÉCOLE DU PÉTROLE ET DES MOTEURS
INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE
228-232, avenue Napoléon Bonaparte
92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX
téléphone : 01 47 52 62 80 - télécopieur : 01 47 52 70 36

Coût du capital et étude de rentabilité d'investissement : une formulation unique de l'ensemble des méthodes

Axel PIERRU
Denis BABUSIAUX

novembre 2000

Cahiers de l'économie - n° 40

Série Recherche

La collection "Les cahiers de l'économie" a pour objectif de présenter des travaux réalisés à l'IFP et en particulier à l'École du Pétrole et des Moteurs, travaux de recherche ou notes de synthèse en économie, finance et gestion. La forme peut être encore provisoire, afin de susciter des échanges de points de vue sur les sujets abordés. Elle fait suite à la collection " Cahiers du CEG".

Pour toute information complémentaire, prière de contacter :

Denis **Babusiaux** - *Tél.* 01 47 52 62 80

Résumé

L'objectif de cet article est de présenter une vision nouvelle de la convergence et de l'unicité des méthodes traditionnelles permettant d'étudier la rentabilité d'investissements. Nous montrons que chacune de ces méthodes (Globale classique, Arditti-Levy, Fonds Propres, Flux Nets) correspond à un cas particulier d'une formulation unique, ce qui assure immédiatement leur cohérence. Outre l'égalité des Valeurs Actuelles Nettes quand le ratio d'endettement est défini par rapport à la valeur théorique du projet, nous en déduisons également la relation obtenue quand l'emprunt est initialement défini par référence au montant de l'investissement. Elle est complétée par une relation entre taux de rentabilité interne. Cette nouvelle approche permet aussi d'analyser, sous un angle nouveau, la relation devant exister entre le coût des capitaux propres d'une firme non endettée et le coût moyen après impôt du capital d'une firme endettée de même risque opérationnel pour que Valeur Actuelle Nette et "Adjusted Present Value" soient égales. Un résultat, nouveau à notre connaissance, est obtenu : la généralisation de la relation de Modigliani et Miller au cas d'un projet de durée quelconque. L'approche proposée est issue, de façon assez surprenante, de la formulation d'un problème particulier présenté en première section. Ce problème correspond à l'évaluation, par une entreprise employant une méthode classique de rentabilité globale, d'un projet d'investissement soumis à un taux d'imposition différent de celui utilisé pour le calcul du taux d'actualisation, lorsqu'il n'y a pas de consolidation fiscale ou dans les cas équivalents fréquents dans l'industrie pétrolière.

Introduction

La valeur économique d'un projet d'investissement peut être déterminée en employant différentes méthodes : rentabilité globale classique (taux d'actualisation défini comme un coût moyen après impôt du capital), Arditti-Levy (coût moyen avant impôt du capital), fonds propres, flux nets ... Leur cohérence a été prouvée par Boudreaux et Long [1979], Chambers *et al* [1982], Babusiaux [1990], Babusiaux et Jaylet [1997], mais en juxtaposant des démonstrations distinctes en l'absence d'une approche générale dont pourraient être dérivées toutes ces méthodes. Nous allons proposer une telle approche dont la formulation résulte, étrangement, de l'étude d'un problème appliqué de calcul économique, celui du calcul de la Valeur Actuelle Nette d'un projet partiellement financé par emprunt, lorsque le taux d'actualisation utilisé est un coût moyen après impôt du capital et lorsque le projet est assujetti à un taux d'imposition distinct de celui utilisé pour le calcul du taux d'actualisation sans qu'il y ait consolidation fiscale (ou sous des hypothèses équivalentes). Il s'agit d'un cas relativement fréquent dans l'industrie pétrolière soumise à une grande variété de fiscalités. Son étude a fait l'objet d'un document distinct (Babusiaux et Pierru [2000]). Nous rappellerons cependant rapidement la principale formule proposée avant de développer une vision nouvelle de la cohérence et de l'unicité des méthodes d'étude de rentabilité. Nous aborderons dans un premier temps le cas d'égalité des Valeurs Actuelles Nettes, lorsque le ratio d'endettement du projet est défini par référence à sa valeur économique. Nous considérerons ensuite des hypothèses relatives à un ratio d'endettement défini initialement par rapport au coût de l'investissement, hypothèses sous lesquelles seront obtenues des relations entre Valeurs Actuelles d'abord et taux de rentabilité interne ensuite. Nous analyserons enfin les conditions devant lier le coût des capitaux propres d'une firme non endettée au coût moyen du capital d'une firme endettée pour que soit assurée la cohérence avec la méthode de la "Valeur Présente Ajustée" (Adjusted Present Value de Myers). Nous retrouvons les résultats déjà démontrés par Miles et Ezzell [1980], Harris et Pringle [1985], Inselbag et Kaufold [1997]. Un résultat, nouveau à notre connaissance, est obtenu : la généralisation de la relation de Modigliani et Miller au cas d'un projet de durée quelconque.

1 - Notations

Nous nous limiterons ici à l'étude de projets dont le ratio d'endettement est cohérent avec celui utilisé pour le calcul du taux d'actualisation. De façon plus précise, nous considérerons des projets auxquels est affecté un financement représentatif du financement moyen utilisé pour des projets de même type (de même classe de risque).

Remarquons cependant qu'il est possible de considérer de façon semblable des projets bénéficiant d'un financement spécifique lorsque ce financement n'a pas d'influence sur la capacité d'endettement de l'entreprise (financement sans recours par exemple) et lorsque le taux d'actualisation représente le coût moyen du capital investi dans le projet.

Les notations suivantes seront employées :

I_0 : investissement initial l'année 0

θ : taux d'imposition auquel le projet est assujetti (noté θ_n l'année n s'il varie au cours de la période d'étude, comme cela peut être le cas pour des projets pétroliers); il n'y a pas de consolidation fiscale ou, de façon plus générale, le montant des impôts associés aux revenus du projet n'a pas d'incidence sur les impôts payés par l'entreprise sur les revenus de ses autres activités

F_n : Flux d'exploitation après impôt du projet l'année n (aucun élément lié au financement n'intervient dans le calcul de ce flux)

B_n : montant de la dette liée au projet non encore remboursé à la fin de l'année n

t : taux d'imposition utilisé pour le calcul du taux d'actualisation (noté t_n l'année n s'il n'est pas pris constant)

r : taux d'intérêt de la dette (noté r_n l'année n s'il varie au cours de la période d'étude) ; nous supposons ici que le taux d'intérêt des emprunts contractés pour financer le projet considéré est égal au taux d'intérêt des autres emprunts de l'entreprise ; remarquons cependant que cette hypothèse n'est pas nécessaire pour la plupart des développements présentés

c : coût des capitaux propres (noté c_n l'année n si variable)

w : ratio d'endettement (noté w_n l'année n si variable)

N : dernière année du projet

2 - Projet assujetti à un taux d'imposition différent de celui habituellement appliqué à l'entreprise

Reprenons brièvement un certain nombre d'éléments (présentés dans [Babusiaux et Pierru, 2000]) permettant à une entreprise employant la méthode classique globale de déterminer la valeur d'un projet assujetti à un taux d'imposition θ différent de celui t utilisé pour le calcul du taux d'actualisation (méthode classique globale généralisée).

La formulation a été effectuée dans le cas général où les taux d'imposition t_n et θ_n sont variables au cours du temps, ce qui est fréquent dans le secteur de la production pétrolière. Pour alléger la présentation, nous nous limiterons cependant le plus souvent au cas où ces taux sont constants sur la période d'étude. La plupart des résultats peuvent toutefois être généralisée de façon immédiate.

Le taux d'actualisation après impôt s'écrit :

$$i(t) = w(1-t)r + (1-w)c$$

Nous supposons que les règles fiscales s'appliquant au projet permettent de déduire les frais financiers du bénéfice imposable.

Le calcul du taux d'actualisation $i(t)$ prend en compte l'existence d'économies d'impôt (dues à la comptabilisation des frais financiers) déterminées en fonction du taux d'imposition habituel de l'entreprise t. En fait les économies d'impôt réellement dues aux frais financiers de la dette liée au projet se montent chaque année n à θrB_{n-1}, et non à trB_{n-1}. Le flux de trésorerie à prendre en compte pour évaluer correctement le projet doit donc être augmenté du différentiel de crédits d'impôt, c'est-à-dire $(\theta - t)rB_{n-1}$.

En résumé, si la Valeur Actuelle Nette du projet est calculée en utilisant le taux d'actualisation adapté à des calculs de rentabilité globale classique,

$$i(t) = wr(1-t) + (1-w)c$$

alors le flux de trésorerie à prendre en compte l'année n (flux de trésorerie adapté) est:

$$G_n = F_n + (\theta - t)rB_{n-1}$$

Nous considérerons un projet financé partiellement par un emprunt dont le montant et les modalités de remboursement sont telles que le capital non encore remboursé B_n une année n soit une fraction w de la valeur économique V_n du projet :

$$B_n = wV_n$$

Remarquons que cette hypothèse conduit à considérer un montant d'emprunt à l'année 0 :

$$B_0 = wV_0 = w(I_0 + VAN)$$

(en supposant que les seuls flux de trésorerie de l'année 0 correspondent à la dépense d'investissement I_0). Pour une présentation plus détaillée on pourra se reporter à Babusiaux et Pierru [2000], ainsi que pour la démonstration de la relation qui est à l'origine des développements des sections suivantes. Cette relation s'écrit :

$$VAN_{(t)} = \sum_{n=0}^{N} \frac{G_n}{(1+i(t))^n} = \sum_{n=0}^{N} \frac{F_n + (\theta - t)rB_{n-1}}{(1 + wr(1-t) + (1-w)c)^n} = \sum_{n=0}^{N} \frac{F_n}{(1 + wr(1-\theta) + (1-w)c)^n} = \sum_{n=0}^{N} \frac{F_n}{(1+i(\theta))^n}$$

en notant conformément à la définition de i :

$$i(\theta) = w(1-\theta)r + (1-w)c$$

De façon plus générale, la valeur économique du projet V_n l'année n peut être calculée de deux façons équivalentes :

$$V_n = \sum_{k=n+1}^{N} \frac{G_k}{(1+i(t))^{k-n}} = \sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{(1+i(\theta))^{k-n}} \qquad (1)$$

En d'autres termes, on obtient le même résultat en utilisant un calcul de Valeurs Actuelles globales classiques avec un taux d'actualisation correspondant au coût (après impôt) du financement du projet, ou en utilisant la méthode globale classique généralisée, c'est-à-dire en actualisant les flux de trésorerie adaptés G_n au coût moyen après impôt du capital employé pour les autres investissement de l'entreprise (de la même classe de risques). Il s'agit d'un résultat intuitif qui aurait pu être posé *a priori*.

Si le ratio d'endettement w_n, le taux d'intérêt r_n, le coût des capitaux propres c_n ainsi que les taux d'imposition t_n et θ_n varient d'une année à l'autre, l'équation (1) devient:

$$V_n = \sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k + (\theta_k - t_k) r_k B_{k-1}}{\prod_{m=n+1}^{k} (1 + i_m(t_m))} = \sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{\prod_{m=n+1}^{k} (1 + i_m(\theta_m))} \qquad \text{(1 bis)}$$

avec:

$i_m(t_m) = w_m r_m (1 - t_m) + (1 - w_m) c_m$

$i_m(\theta_m) = w_m r_m (1 - \theta_m) + (1 - w_m) c_m$

$V_N = 0$

3 - Les méthodes classiques "revisitées"

L'équation précédente montre que la valeur du projet, et en particulier sa Valeur Actuelle Nette, est indépendante du choix du taux d'imposition *t* initialement défini comme le taux auquel l'entreprise est habituellement assujettie. Puisque le résultat obtenu est indépendant de *t*, ce taux peut être considéré comme un paramètre auquel peut être affectée n'importe quelle valeur. Nous allons voir que chacune des principales méthodes classiques permettant d'évaluer un projet d'investissement correspond à une valeur spécifique de ce paramètre *t*, ce qui prouve immédiatement la cohérence de l'ensemble de ces méthodes (sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des démonstrations supplémentaires).

3.1. - Méthode globale classique

Soit $t = \theta$

La Valeur Actuelle Nette obtenue est celle qui correspond à l'approche globale classique qui consiste à actualiser le flux de trésorerie d'exploitation F_n à un taux d'actualisation égal au coût moyen du capital après impôt.

$i(\theta) = w(1-\theta)r + (1-w)c$

3.2. - Méthode d'Arditti-Levy

Il suffit de poser $t = 0$ pour retrouver la méthode d'Arditti-Levy. Le flux de trésorerie de l'année *n* est :

$S_n = F_n + \theta r B_{n-1}$

et le taux d'actualisation :

$s = wr + (1-w)c$

Le coût moyen du capital est calculé avant impôt et les économies d'impôt dues aux frais financiers sont intégrées au flux de trésorerie.

3.3. - Valeur Actuelle des Fonds Propres

Soit $t = 1 - \frac{c}{r}$

Dans ce cas, le taux d'actualisation s'écrit :

$i(t) = wr(1-t) + (1-w)c = c$

Le taux d'actualisation est égal au coût des capitaux propres, comme lorsque l'on effectue un calcul de rentabilité des fonds propres (point de vue de l'actionnaire). Les flux de trésorerie sont cependant différents. L'année *n*, le flux de trésorerie correspondant à la méthode globale classique généralisée est :

$$G_n = F_n + (\theta - 1 + \frac{c}{r})rB_{n-1} = F_n + \theta rB_{n-1} + (c-r)B_{n-1} \qquad (1 \le n \le N)$$

$$G_0 = F_0$$

Le flux des fonds propres est le suivant :

$$F_n + \theta rB_{n-1} - rB_{n-1} - (B_{n-1} - B_n) \qquad (1 \le n \le N)$$

Et l'année 0 : $F_0 + B_0$

Le flux de trésorerie différentiel entre les deux méthodes (méthode généralisée proposée et méthode des fonds propres) :

$$cB_{n-1} + \left(B_{n-1} - B_n\right) \qquad (1 \le n \le N)$$

L'année 0 le flux différentiel est B_0

Mais :

$$\sum_{n=1}^{N} \frac{cB_{n-1} + (B_{n-1} - B_n)}{(1+c)^n} = B_0$$

La démonstration est terminée : les deux méthodes conduisent bien à la même Valeur Actuelle Nette.

3.4. - Autres méthodes

D'autres méthodes, cohérentes avec les précédentes, peuvent être générées. Si par exemple nous donnons à *t* la valeur 1, nous obtenons une méthode pour laquelle le taux d'actualisation est $(1-w)c$ et le flux de trésorerie annuel $F_n + (\theta - 1)rB_{n-1}$. Il s'agit de la méthode, décrite par Babusiaux et Jaylet [1997] sous le nom de méthode des flux nets. Elle offre l'avantage d'utiliser un taux d'actualisation indépendant du taux d'imposition, comme dans le cas de la méthode d'Arditti-Levy mais sans conduire comme cette dernière à des taux de rentabilité interne d'autant plus élevés que le taux d'intérêt des emprunts est élevé.

4 - Emprunt initialement défini par référence au coût de l'investissement

En pratique, l'hypothèse d'un ratio d'endettement défini par référence à la valeur théorique du projet peut parfois être perçue comme un concept quelque peu abstrait et difficile à manipuler. Les entreprises déterminent souvent les montants d'emprunt à effectuer en se référant plutôt aux montants d'investissement (coûts historiques *ex-post*). Mais si au lieu d'affecter à un projet une dette représentant une fraction w de sa valeur économique, soit l'année 0 :

$$B_0 = w(I_0 + VAN)$$

on lui associe un emprunt l'année 0 de montant wI_0, les différentes méthodes fournissent des Valeurs Actuelles Nettes distinctes. Elles sont généralement de même signe et conduisent donc à la même décision lorsqu'il s'agit de choisir entre accepter ou rejeter un projet unique. Il peut cependant être utile de connaître non seulement le signe de la VAN d'un projet mais également sa valeur absolue, ainsi que les relations entre les valeurs des critères obtenues avec les différentes méthodes.

L'objectif de cette section est de montrer que ces relations dérivent simplement de l'approche proposée ici. Nous aborderons tout d'abord la question par référence à des taux de rentabilité interne. Nous retrouverons ensuite la relation entre les Valeurs Actuelles Nettes.

4.1. Taux de rentabilité interne

L'analyse d'une décision de réalisation ou non d'un projet indépendant de tout autre s'appuie souvent dans la pratique sur des calculs de taux de rentabilité interne. Le précédent document[1] a permis de présenter la relation entre les taux de rentabilité interne calculés avec les deux méthodes : Arditti-Levy adaptée et globale classique généralisée (dans le cas général que nous ne reprendrons pas ici, où le ratio d'endettement du projet est quelconque). Nous utiliserons un raisonnement semblable, mais dans le but d'établir une formule générale permettant de relier les taux de rentabilité des différentes méthodes mentionnées ci-dessus, dans le cas où l'emprunt associé au projet est une fraction w du coût de l'investissement. De façon plus précise, nous considérons les hypothèses suivantes.

Le capital emprunté l'année 0 est :

$$\overline{B}_0 = wI_0$$

[1] D. Babusiaux, A. Pierru, Opus Cité

Nous supposons pour alléger l'écriture que les seuls flux de trésorerie de l'année 0 correspondent à des dépenses d'investissement de montant I_0. (Cette hypothèse peut être levée sans difficultés).

Les modalités de remboursement de l'emprunt sont définies de façon que le ratio d'endettement du projet soit constant. Ce ratio n'est pas défini par rapport à une valeur économique du projet, mais par rapport au montant du capital investi non encore remboursé par les revenus du projet. Le capital investi doit être rémunéré à un taux égal au taux de rentabilité globale du projet. Ainsi, en fin de période, le projet ne fait apparaître ni dette ni bénéfice.

Notons *R(t)* le taux de rentabilité globale généralisée défini par :

$$\sum_{n=0}^{N} \frac{\overline{G}_n}{(1+R(t))^n} = \sum_{n=1}^{N} \frac{F_n + (\theta - t)r\overline{B}_{n-1}}{(1+R(t))^n} - I_0 = 0$$

Notons K_0 le capital apporté l'année 0 par l'ensemble des bailleurs de fonds, actionnaires et prêteurs (ou par la direction financière de l'entreprise) pour financer l'investissement. Nous supposons que ce capital, ainsi que les montants éventuellement apportés ultérieurement, sont remboursés au fur et à mesure des encaissements liés au projet et portent intérêt à un taux égal au taux de rentabilité du projet. Soit K_n le capital non encore remboursé l'année *n*. Il est défini par les relations :

$$K_0 = I_0$$

$$K_n = (1+R(t))K_{n-1} - \overline{G}_n \qquad (2)$$

$K_N = 0$ (par définition de *R(t)*)

Introduisons l'hypothèse d'un financement par emprunt pour un montant l'année 0 égal à une fraction *w* du capital total K_0 :

$$\overline{B}_0 = wK_0 = wI_0$$

L'hypothèse de ratio d'endettement constant s'écrit :

$$\overline{B}_n = wK_n$$

ce qui permet de réécrire la relation (2) :

$$K_n = (1+R(t))K_{n-1} - F_n - (\theta - t)r\overline{B}_{n-1} \qquad (1 \le n \le N)$$

$$K_n = (1+R(t))K_{n-1} - F_n - (\theta - t)rwK_{n-1}$$

$$K_n = (1+R(t) - (\theta - t)rw)K_{n-1} - F_n$$

F_n étant le flux d'exploitation du projet, cette relation montre que le taux de rentabilité globale classique TRI_g est égal à : $TRI_g = R(t) - (\theta - t)rw$.

En remarquant que TRI_g est égal à $R(\theta)$:

$$R(t) - R(\theta) = (\theta - t)rw$$

En utilisant la relation classique liant le taux de rentabilité globale TRI_g au taux de rentabilité des capitaux propres TRI_P sous les hypothèses de financement considérées :

$$R(\theta) = TRI_g = (1-w)TRI_p + w(1-\theta)r$$

En rapprochant ces deux dernières relations, il vient :

$$\boxed{R(t) = (1-t)rw + (1-w)TRI_p}$$

or :

$$i(t) = (1-t)rw + (1-w)c$$

Le taux de rentabilité $R(t)$ est donc supérieur au taux d'actualisation $i(t)$ si et seulement si le taux de rentabilité des capitaux propres est supérieur au coût des fonds propres. **Cette relation assure la cohérence des différentes méthodes (associées à différentes valeurs de *t*) lors de l'utilisation de taux de rentabilité.** Elle permet également de retrouver les relations entre taux de rentabilité :

Méthode d'Arditti-Levy : $TRI_s = TRI_g + \theta rw$

$$TRI_s = (1-w)TRI_p + wr$$

Méthode des flux nets : $TRI_z = TRI_g - (1-\theta)rw = (1-w)TRI_p$

Les variations de *R(t)* en fonction de *t* sont représentées par une droite (fig.1)

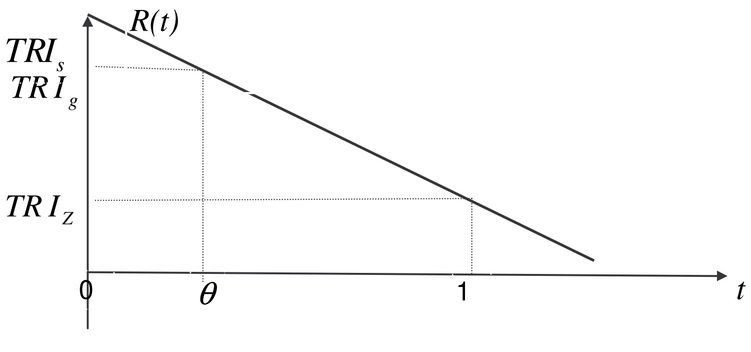

Figure 1 - Droite des taux de rentabilité

Remarque : les hypothèses de ratio d'endettement définies ici sont équivalentes à celles d'un ratio calculé par rapport à la valeur économique du projet lorsque celui-ci est un projet marginal (de VAN nulle)

4.2. - Valeurs actuelles

Dans certains cas, il ne suffit pas de connaître le signe de la VAN d'un projet, il est souhaitable de déterminer également sa valeur. En effet certaines entreprises (particulièrement dans l'industrie pétrolière) vendent ou achètent régulièrement des intérêts dans des projets à venir ou en cours de réalisation. Les questions qui se posent sont alors les suivantes: quel prix maximum l'entreprise est-elle prête à payer pour acquérir une participation dans un projet donné ? Quel montant minimum peut-elle accepter en échange d'une participation qu'elle détient ? Quand des méthodes différentes sont utilisées pour déterminer la valeur économique de la participation étudiée, il peut être pertinent de mesurer le biais introduit par l'hypothèse d'un montant d'emprunt initialement défini par référence aux coûts d'investissement.

Babusiaux [1990] a présenté les relations existant entre les VAN des différentes méthodes lorsque l'on peut supposer la stabilité du ratio d'endettement du projet. Elles peuvent être généralisées pour des valeurs quelconques du paramètre *t*, soit :

$$\frac{VAN(t)}{\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k}{(1+i(t))^k}} = \frac{VAN_{globale\ classique}}{\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k}{(1+i(\theta))^k}} = \frac{VAN_{fonds\ propres}}{\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k}{(1+c)^k}} = \frac{VAN_{Arditty-Levy}}{\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k}{(1+s)^k}}$$

La démonstration est donnée en annexe.

5 - Cohérence avec l'Adjusted Present Value

La question de la cohérence de l'Adjusted Present Value (Myers, [1974]) avec les autres méthodes d'évaluation de projets d'investissement a fait l'objet de différentes recherches. L'approche générale développée ici permet de clarifier les conditions de cette cohérence. Nous déterminerons la relation devant lier le taux d'actualisation $i(\theta)$ et ρ, coût du capital d'une firme non endettée, pour que l'Adjusted Present Value soit égale à la Valeur Actuelle Nette obtenue avec les méthodes traditionnelles (globale classique, Arditti-Levy, fonds propres).

Cette section est divisée en trois paragraphes :

Les deux premiers concernent les projets pour lesquels la dette est ajustée de façon à satisfaire un ratio d'endettement constant. Ces deux paragraphes sont consacrés à deux cas différents liés à la valeur du taux auquel les économies d'impôt dues aux frais financiers sont actualisées (suivant que l'échéancier des flux liés à la dette est fixé à priori, en fonction de l'espérance des flux de trésorerie estimée à l'année 0, ou que l'on considère que l'entreprise procède chaque année à un réajustement de la dette suivant l'évolution de cette espérance).

Le troisième paragraphe concerne les projets pour lesquels les flux liés à la dette sont définis par avance sans référence au ratio d'endettement (le ratio d'endettement du projet, calculé ex-post, est en conséquence variable).

Le coût du capital ρ d'une entreprise non endettée identique à celle considérée est celui qui correspond à l'ensemble des projets de la même classe de risque. C'est le rendement qui serait exigé par les actionnaires si le projet était uniquement financé par fonds propres.

5.1. "Adjusted Present Value" de Myers

L'APV, développée par Myers, est formulée de la manière suivante :

$$APV = \sum_{k=1}^{N} \frac{F_k}{(1+\rho)^k} + \sum_{k=1}^{N} \frac{\theta r B_{k-1}}{(1+r)^k} - I$$

Un des objectifs de Chambers *et al* [1982] était de cerner la relation devant lier $i(\theta)$ et ρ pour que l'APV soit égale à la Valeur Actuelle Nette obtenue avec les autres méthodes. Ces auteurs ont pu décrire cette relation pour deux types de projet seulement : un projet générant un seul flux de trésorerie positif (*single-period project*) et un projet générant un flux de trésorerie constant sur une période infinie (*perpetuity*). De l'étude d'un projet générant deux flux de trésorerie positifs, ils ont déduit que la relation recherchée était spécifique à chaque projet et qu'aucune forme générale ne pouvait être dérivée.

En utilisant l'approche proposée ici, nous allons au contraire montrer que l'on peut définir cette relation dans le cas général d'un projet de durée quelconque. Dans la formule (1), il est en effet possible de donner à t une valeur appropriée. Déterminons celle-ci pour que l'on ait :

$$i(t) = \rho$$

soit :

$$wr(1-t) + (1-w)c = \rho$$

ce qui permet de déterminer la valeur devant être affectée à t :

$$t = \frac{wr + (1-w)c - \rho}{wr}$$

Nous recherchons ici une méthode, autrement dit, un mode de définition des flux adaptés G_n qui devront être actualisés au taux ρ.

$$G_n = F_n + (\theta - \frac{wr + (1-w)c - \rho}{wr}) r B_{n-1} = F_n + (\frac{\rho - wr(1-\theta) - (1-w)c}{w}) B_{n-1}$$

$$G_n = F_n + \left(\frac{\rho - i(\theta)}{w} \right) B_{n-1}$$

Pour être égale à la Valeur Actuelle Nette des autres méthodes, l'APV doit être égale à celle de la méthode ainsi définie. En supposant que la durée du projet est de N années, il faut donc que :

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{F_k + \left(\frac{\rho - i(\theta)}{w}\right) B_{k-1}}{(1+\rho)^k} - I = \sum_{k=1}^{N} \frac{F_k}{(1+\rho)^k} + \sum_{k=1}^{N} \frac{r\theta B_{k-1}}{(1+r)^k} - I$$

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{\left(\frac{\rho - i(\theta)}{w}\right) B_{k-1}}{(1+\rho)^k} = \sum_{k=1}^{N} \frac{r\theta B_{k-1}}{(1+r)^k}$$

Cette équation permet de déterminer la relation recherchée entre ρ et $i(\theta)$:

$$\boxed{i(\theta) = \rho - wr\theta \frac{\sum_{k=1}^{N} \frac{B_{k-1}}{(1+r)^k}}{\sum_{k=1}^{N} \frac{B_{k-1}}{(1+\rho)^k}}} \qquad (3)$$

Il s'agit de la relation de Modigliani et Miller généralisée au cas d'un projet de durée et de flux de trésorerie quelconques.

En employant $PVTS(r)$ et $PVTS(\rho)$ pour représenter la somme des économies d'impôt dues aux frais financiers respectivement actualisées au taux r et au taux ρ :

$$\boxed{i(\theta) = \rho - wr\theta \frac{PVTS(r)}{PVTS(\rho)}}$$

En remplaçant B_{k-1} par wV_{k-1}, cette relation peut être écrite de la façon suivante :

$$i(\theta) = \rho - wr\theta \left(\frac{1+\rho}{1+r}\right)^N \left(\frac{\sum_{k=1}^{N} V_{k-1}(1+r)^{N-k}}{\sum_{k=1}^{N} V_{k-1}(1+\rho)^{N-k}}\right)$$

Soulignons un point important: cette équation indique clairement le lien devant exister entre le coût ρ des capitaux propres d'une société non endettée et le coût moyen pondéré après impôt du capital $i(\theta)$, mais ne permet pas un calcul direct de ce dernier. Puisque V_k et B_k dépendent de la valeur de $i(\theta)$, le calcul doit être fait par itération.

Cette équation conduit aux mêmes résultats que ceux dérivés par Chambers *et al* [1982] dans des cas particuliers (flux perpétuels constants, modèle à deux périodes)

Considérons un projet générant un **flux constant sur une période infinie**. L'hypothèse d'un ratio d'endettement constant implique que B_k soit lui-même constant.

(3) devient alors :

$$i(\theta) = \rho - wr\theta \frac{\frac{1}{r}}{\frac{1}{\rho}} = \rho(1 - w\theta)$$

ce qui correspond à la relation bien connue de Modigliani et Miller [1963].

Considérons un projet auquel est associé **un seul flux de trésorerie positif sur une seule période**. Alors $B_1 = 0$. Il vient :

$$i(\theta) = \rho - wr\theta \frac{\frac{B_0}{1+r}}{\frac{B_0}{1+\rho}} = \rho - wr\theta\left(\frac{1+\rho}{1+r}\right)$$

L'équation (3) permet également de justifier une conjecture postulée, par Myers [1974] concernant la validité du coût moyen pondéré après impôt du capital quand le flux d'exploitation du projet reste, à travers le temps, strictement proportionnel à celui de l'entreprise. Cette équation permet en effet d'affirmer que si l'entreprise a un portefeuille de projets de même durée de vie et générant des flux proportionnellement constants les uns par rapport aux autres, alors un taux $i(\theta)$ unique peut être utilisé pour tous les projets.

5.2. - Cohérence avec d'autres formulations de l'APV

Les formules présentées ci-dessus correspondent à la vision de Modigliani et Miller qui suggèrent d'actualiser les crédits d'impôts au taux d'intérêt des emprunts car ils présentent les mêmes risques que les flux d'emprunt. Mais l'approche que nous proposons peut aussi servir à retrouver des résultats déjà démontrés lorsque les économies d'impôt dues aux frais financiers sont actualisées à un taux autre que le taux d'intérêt de la dette.

Considérons par exemple le problème de l'évaluation d'une entreprise qui a pour politique de maintenir constant son ratio d'endettement. Les économies d'impôt dues aux frais financiers sont incertaines puisqu'elles dépendent des variations de la valeur de l'entreprise : B_{k-1} est seulement connue avec certitude l'année *k-1* quand V_{k-1} est elle-même connue. Cette économie d'impôt doit en conséquence être actualisée au taux r sur la dernière période et au taux ρ sur les *k-1* premières périodes. Selon Miles et Ezzell [1985], la formule de l'Adjusted Present Value doit alors être réécrite de la façon suivante :

$$APV = \sum_{k=1}^{N} \frac{F_k}{(1+\rho)^k} + \sum_{k=1}^{N} \frac{r\theta B_{k-1}}{(1+r)(1+\rho)^{k-1}} - I$$

Notre approche présentée ici et l'APV donnent des valeurs identiques lorsque :

$$\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k+\left(\frac{\rho-i(\theta)}{w}\right)B_{k-1}}{(1+\rho)^k}-I=\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k}{(1+\rho)^k}+\sum_{k=1}^{N}\frac{r\theta B_{k-1}}{(1+r)(1+\rho)^{k-1}}-I$$

Cette équation se simplifie et devient :

$$\left(\frac{\rho-i(\theta)}{w}\right)\sum_{k=1}^{N}\frac{B_{k-1}}{(1+\rho)^k}=\frac{r\theta}{(1+r)}\sum_{k=1}^{N}\frac{B_{k-1}}{(1+\rho)^{k-1}}$$

$$\frac{\rho-i(\theta)}{w}=\frac{(1+\rho)}{(1+r)}r\theta$$

finalement :

$$i(\theta)=\rho-wr\theta\frac{(1+\rho)}{(1+r)}$$

Cette formule est celle qui a été démontrée par Miles et Ezzell [1980]. Elle correspond à celle obtenue par Myers pour un projet à une seule période, les deux formulations étant alors équivalentes.

Si nous supposons que les économies d'impôt dues aux frais financiers doivent être actualisées au taux ρ (ajustement continu du ratio d'endettement), les valeurs seront égales si :

$$\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k+\left(\frac{\rho-i(\theta)}{w}\right)B_{k-1}}{(1+\rho)^k}-I=\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k+r\theta B_{k-1}}{(1+\rho)^k}-I$$

Cette équation permet d'immédiatement obtenir la formule d'Harris et Pringle [1985]:

$i(\theta)=\rho-r\theta w$

5.3. - Ratio d'endettement variable au cours du temps

L'approche proposée permet également de retrouver la formule d'Inselbag et Kaufold [1997]. Ils ont étudié le cas où l'échéancier de remboursement de la dette peut être fixé par avance sans que l'on prenne en compte l'évolution (même celle anticipée à l'année 0) de la valeur du projet. Dans ce cas, les économies d'impôt dues à la dette ne dépendent pas de cette évolution et doivent donc être actualisées au taux *r*. Le coût moyen pondéré du capital variant d'une année à l'autre, il devient nécessaire de définir la série des $i_k(\theta)$ permettant d'égaliser Valeur Actuelle Nette et APV.

Les calculs donnés en annexe conduisent à la formule :

$$i_k(\theta) = \rho\left(1 - \frac{PVTS_{k-1}}{V_{k-1}}\right) + r\left(\frac{PVTS_{k-1} - \theta B_{k-1}}{V_{k-1}}\right)$$

$PVTS_{k-1}$ représente la somme actualisée des économies d'impôt dues aux frais financiers postérieurs à l'année $k-1$:

$$PVTS_{k-1} = \sum_{t=k}^{N} \frac{r\theta B_{t-1}}{(1+r)^{t+1-k}}$$

Cette équation est identique à celle obtenue, d'une autre manière, par Inselbag et Kaufold [1997].

Comme eux, nous soulignons que déterminer la série des $i_k(\theta)$ nécessite de connaître la valeur du projet chaque année, et donc de calculer cette valeur par une autre méthode. Calculer V_k par récurrence avec l'équation ci-dessus et la formule $V_{k-1} = \dfrac{V_k + F_k}{1 + i_k(\theta)}$ est parfaitement réalisable, mais ceci revient à calculer l'APV.

6 - Conclusion

Une avancée théorique provient souvent de l'étude d'un problème concret. Dans le cas présenté ici, le passage de la pratique à la théorie était cependant quelque peu inattendu. L'analyse de rentabilité de projets de production pétrolière a en effet conduit à une formule générale dont dérivent les techniques traditionnelles de calcul de Valeurs Actuelles Nettes. Cette formule fournit une preuve immédiate de la cohérence des différentes méthodes (méthode globale classique, Arditti-Levy, fonds propres). Elle a de plus permis de définir, pour un projet de durée quelconque, les conditions de convergence entre ces méthodes et l' *Adjusted Present Value* de Myers, et de généraliser ainsi la relation de Modigliani et Miller. Il n'est pas impossible qu'elle ouvre la voie à d'autres développements, qui font à l'heure actuelle l'objet de recherches complémentaires.

Annexe 1

Démonstration de la relation liant les Valeurs Actuelles Nettes quand l'emprunt est défini par référence au coût d'investissement

Considérons un projet auquel est associé un emprunt dont le montant tiré l'année 0 est : $B_0 = wI_0$. Soit h tel que :

$$B_0 = hV_o = h(I_0 + VAN)$$

Les modalités de remboursement de l'emprunt sont supposées être déterminées de façon à maintenir constant le ratio d'endettement h sur toute la durée du projet. Ce ratio est calculé comme étant égal au montant de dette non encore remboursé rapporté à la valeur actuelle des flux d'exploitation à venir : $B_k = hV_k$

(V_k étant la valeur théorique du projet calculée avec la méthode globale classique)

La démonstration se fait par récurrence. La formule à démontrer s'écrit pour chaque année n :

$$\frac{W_n - \frac{B_n}{w}}{\sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{(1+i(t))^{k-n}}} = \frac{V_n - \frac{B_n}{w}}{\sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{(1+i(\theta))^{k-n}}} \qquad \text{(A1)}$$

où W_n est la valeur du projet obtenue avec l'approche générale proposée ici.

Comme : $$\frac{V_n - \frac{B_n}{w}}{\sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{(1+i(\theta))^{k-n}}} = \frac{V_n - \frac{hV_n}{w}}{V_n} = 1 - \frac{h}{w}$$

L'équation (A1) devient :

$$wW_n - B_n = (w-h)\sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{(1+i(t))^{k-n}} \qquad \text{(A2)}$$

Démonstration :

Pour l'année $n = N - 1$ l'équation (A2) est satisfaite.

En effet :

$$wW_{N-1} - B_{N-1} = w\frac{F_N + (\theta - t)rB_{N-1}}{1+i(t)} - B_{N-1} = \frac{wF_N - (1 + i(t) - wr(\theta - t))B_{N-1}}{1+i(t)}$$

En remplaçant B_{N-1} par hV_{N-1} et V_{N-1} par $\frac{F_N}{1+i(\theta)}$, il vient :

$$wW_{N-1} - B_{N-1} = \frac{wF_N - h(1+i(\theta))V_{N-1}}{1+i(t)} = (w-h)\frac{F_N}{1+i(t)}$$

L'équation (A2) est donc vérifiée pour l'année *N-1*.

Supposons maintenant que l'équation (A2) est vérifiée pour une année *n.* Ainsi :

$$wW_n - B_n = (w-h)\sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{(1+i(t))^{k-n}} \tag{A3}$$

Mais également :

$$\begin{aligned} W_n &= (1+i(t))W_{n-1} - F_n - (\theta - t)rB_{n-1} \\ B_n &= hV_n = h(1+i(\theta))V_{n-1} - hF_n \\ B_{n-1} &= hV_{n-1} \end{aligned}$$

En conséquence, l'équation (A3) implique que :

$$w(1+i(t))W_{n-1} - wF_n - w(\theta - t)rB_{n-1} - (1+i(\theta))B_{n-1} + hF_n = (w-h)\sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{(1+i(t))^{k-n}}$$

Comme $i(t) = i(\theta) + (\theta - t)rw$, cette équation devient :

$$(1+i(t))(wW_{n-1} - B_{n-1}) = (w-h)\sum_{k=n+1}^{N} \frac{F_k}{(1+i(t))^{k-n}} + (w-h)F_n$$

En divisant les deux membres de cette équation par $1+i(t)$:

$$wW_{n-1} - B_{n-1} = (w-h)\sum_{k=n}^{N} \frac{F_k}{(1+i(t))^{k-(n-1)}}$$

Cette équation montre que la relation est bien vérifiée l'année *n-1.*

L'équation (A2) est donc vérifiée pour chaque année *n.*

En particulier, pour l'année *n=0*, elle correspond à l'équation liant les les Valeurs Actuelles Nettes.

Annexe 2

Démonstration de l'équation d'Inselbag et Kaufold

L'équation (1 bis) permet de déterminer la série des $i_k(\theta)$.

En fait, en posant $i_k(\theta) = w_k r(1-\theta) + (1-w_k)c_k$, cette équation devient :

$$VAN = \sum_{k=1}^{N} \frac{F_k + (\theta - t_k) r B_{k-1}}{\prod_{m=1}^{k} \left(1 + w_m r(1-t_m) + (1-w_m)c_m\right)} - I = \sum_{k=1}^{N} \frac{F_k}{\prod_{m=1}^{k} (1 + i_m(\theta))} - I$$

Soit $\quad t_m = \dfrac{w_m r + (1-w_m)c_m - \rho}{w_m r}$

La première partie de l'équation (1 bis) donne :

$$VAN = \sum_{k=1}^{N} \frac{F_k + \left(\theta - \dfrac{w_k r + (1-w_k)c_k - \rho}{w_k r}\right) r B_{k-1}}{\prod_{m=1}^{k} (1+\rho)} - I \qquad \text{(A4)}$$

L'équation (A4) peut être réécrite de la façon suivante :

$$VAN = \sum_{k=1}^{N} \frac{F_k + \left(\dfrac{\rho - i_k(\theta)}{w_k}\right) B_{k-1}}{(1+\rho)^k} - I \qquad \text{(A5)}$$

En rapprochant l'équation (A5) et l'équation de définition de l'APV, la valeur actuelle nette et l'APV sont égales si :

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{\left(\dfrac{\rho - i_k(\theta)}{w_k}\right) B_{k-1}}{(1+\rho)^k} = \sum_{k=1}^{N} \frac{r\theta B_{k-1}}{(1+r)^k} \qquad \text{(A6)}$$

Soit $PVTS_k$ la valeur actuelle des économies d'impôt dues aux frais financiers associés au projet après l'année *k* :

$$PVTS_k = \sum_{t=k+1}^{N} \frac{r\theta B_{t-1}}{(1+r)^{t-k}}$$

Pour l'année 0 :

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{r\theta B_{k-1}}{(1+r)^k} = PVTS_o = \sum_{k=1}^{N} \frac{(PVTS_{k-1} - PVTS_k) + \rho PVTS_{k-1}}{(1+\rho)^k} \qquad \text{(A7)}$$

Puisque : $PVTS_k = (1+r)PVTS_{k-1} - r\theta B_{k-1}$

l'équation (A7) devient :

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{r\theta B_{k-1}}{(1+r)^k} = \sum_{k=1}^{N} \frac{(\rho - r)PVTS_{k-1} + r\theta B_{k-1}}{(1+\rho)^k} \qquad \text{(A8)}$$

Les équations (A6) et (A8) impliquent ainsi :

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{\left(\frac{\rho - i_k(\theta)}{w_k}\right) B_{k-1}}{(1+\rho)^k} = \sum_{k=1}^{N} \frac{(\rho - r)PVTS_{k-1} + r\theta B_{k-1}}{(1+\rho)^k}$$

Ou encore :

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{\left(\frac{\rho - i_k(\theta)}{w_k} - r\theta\right) B_{k-1} - (\rho - r)PVTS_{k-1}}{(1+\rho)^k} = 0$$

Une condition suffisante pour que la Valeur Actuelle Nette et l'APV soient égales est en conséquence que chaque année :

$$\left(\frac{\rho - i_k(\theta)}{w_k} - r\theta\right) B_{k-1} - (\rho - r)PVTS_{k-1} = 0 \qquad \text{(A9)}$$

Il peut être montré par récurrence que l'équation (A9) correspond également à une condition nécessaire pour que chaque année la valeur du projet soit égale à l'APV calculée sur les années ultérieures.

En remplaçant w_k par $\frac{B_{k-1}}{V_{k-1}}$ cette équation devient :

$$i_k(\theta) = \rho\left(1 - \frac{PVTS_{k-1}}{V_{k-1}}\right) + r\left(\frac{PVTS_{k-1} - \theta B_{k-1}}{V_{k-1}}\right)$$

Équation identique à celle obtenue, suivant une démarche différente, par Inselbag et Kaufold [1997].

Bibliographie

Arditti, Fred. D., and Haim Levy, 1977, The weighted average cost of capital as a cutoff rate: a critical analysis of the classical text book weighted average, *Financial Management* 6, Fall, 24-34.

Babusiaux, Denis, 1990, *Décision d'investissement et calcul économique dans l'entreprise* (Ed. Economica, Paris).

Babusiaux, Denis, and Jean Jaylet, 1997, Investment Project Analysis and Financing Mix. A New Method in Sight?, 19th Meeting of the EURO Working Group on Financial Modelling, Proceedings, Springer Verlag.

Babusiaux, Denis, and Axel Pierru, 2000, Calculs de rentabilité et mode de financement des projets d'investissement. Propositions méthodologiques., *Cahier du CEG* n° 36 bis, Septembre ; Capital budgeting, investment project valuation and financing mix : Methodological proposals *European Journal of Operational Research*, à paraître.

Boudreaux, Kenneth J., and Hugh W. Long, 1979, The weighted average cost of capital as a cutoff rate : a further analysis, *Financial Management* 8, Summer, 7-14.

Chambers, Donald R., Robert S. Harris, and John J. Pringle, 1982, Treatment of financing mix in analyzing investment opportunities, *Financial Management* 8, Summer, 24-41.

Harris, Robert S., and John J. Pringle, 1985, Risk-adjusted discount rates - extensions from the average-risk case, *Journal of Financial Research*, Vol. VIII, 237-244.

Inselbag, Isik, and Howard Kaufold, 1997, Two DCF Approaches For Valuing Companies Under Alternative Financing Strategies (And How To Choose Between Them), *Journal of Applied Corporate Finance*, Vol. 10, 114-122.

Linke, Charles M., and Moon K. Kim, 1974, More on the weighted average cost of capital: a comment and analysis, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 9, 1069-1080.

Miles, James A., and John R. Ezzell, 1980, The weighted average cost of capital, perfect capital markets and project life : a clarification, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. XV, 719-730.

Miles, James A., and John R. Ezzell, 1985, Reformulating Tax Shield Valuation : A Note, *Journal of Finance*, Vol. XL, 1485-1492.

Modigliani, Franco, and Merton H. Miller, 1963, Corporate Income Taxes and the Cost of Capital : a correction, *American Economic Review*, Vol. 53, 433-443.

Myers, Stewart C., 1974, Interactions of corporate financing and investment decisions - implications for capital budgeting', *Journal of Finance*, Vol. XXIX, 1-25.

Déjà parus

CEG-1. D. PERRUCHET, J.-P. CUEILLE,
Compagnies pétrolières internationales : intégration verticale et niveau de risque.
Novembre 1990

CEG-2. C. BARRET, P. CHOLLET,
Canadian gas exports: modeling a market in disequilibrium.
Juin 1990

CEG-3. J.-P. FAVENNEC, V. PREVOT,
Raffinage et environnement.
Janvier 1991

CEG-4. D. BABUSIAUX,
Note sur le choix des investissements en présence de rationnement du capital.
Janvier 1990

CEG-5. J.-L. KARNIK,
Les résultats financiers des sociétés de raffinage distribution en France 1978-89.
Mars 1991

CEG-6. I. CADORET, P. RENOU,
Élasticités et substitutions énergétiques : difficultés méthodologiques.
Avril 1991

CEG-7. I. CADORET, J.-L. KARNIK,
Modélisation de la demande de gaz naturel dans le secteur domestique : France, Italie, Royaume-Uni 1978-1989.
Juillet 1991

CEG-8. J.-M. BREUIL,
Émissions de SO2 dans l'industrie française : une approche technico-économique.
Septembre 1991

CEG-9. A. FAUVEAU, P. CHOLLET, F. LANTZ,
Changements structurels dans un modèle économétrique de demande de carburant.
Octobre 1991

CEG-10. P. RENOU,
Modélisation des substitutions énergétiques dans les pays de l'OCDE.
Décembre 1991

CEG-11. E. DELAFOSSE,
Marchés gaziers du Sud-Est asiatique : évolutions et enseignements.
Juin 1992

CEG-12. F. LANTZ, C. IOANNIDIS,
Analysis of the French gasoline market since the deregulation of prices.
Juillet 1992

CEG-13. K. FAID,
Analysis of the American oil futures market.
Décembre 1992

CEG-14. S. NACHET,
La réglementation internationale pour la prévention et l'indemnisation des pollutions maritimes par les hydrocarbures.
Mars 1993

CEG-15. J.-L. KARNIK, R. BAKER, D. PERRUCHET,
Les compagnies pétrolières : 1973-1993, vingt ans après.
Juillet 1993

CEG-16. N. ALBA-SAUNAL,
Environnement et élasticités de substitution dans l'industrie ; méthodes et interrogations pour l'avenir.
Septembre 1993

CEG-17. E. DELAFOSSE,
Pays en développement et enjeux gaziers : prendre en compte les contraintes d'accès aux ressources locales.
Octobre 1993

CEG-18. J.P. FAVENNEC, D. BABUSIAUX*,
L'industrie du raffinage dans le Golfe arabe, en Asie et en Europe : comparaison et interdépendance.
Octobre 1993

CEG-19. S. FURLAN,
L'apport de la théorie économique à la définition d'externalité.
Juin 1994

CEG-20. M. CADREN,
Analyse économétrique de l'intégration européenne des produits pétroliers : le marché du diesel en Allemagne et en France.
Novembre 1994

CEG-21. J.L. KARNIK, J. MASSERON*,
L'impact du progrès technique sur l'industrie du pétrole.
Janvier 1995

CEG-22. J.P. FAVENNEC, D. BABUSIAUX,
L'avenir de l'industrie du raffinage.
Janvier 1995

CEG- 23. D. BABUSIAUX, S. YAFIL*,
Relations entre taux de rentabilité interne et taux de rendement comptable.
Mai 1995

CEG-24. D. BABUSIAUX, J. JAYLET*,
Calculs de rentabilité et mode de financement des investissements, vers une nouvelle méthode ?
Juin 1996

CEG-25. J.P. CUEILLE, J. MASSERON*,
Coûts de production des énergies fossiles : situation actuelle et perspectives.
Juillet 1996

CEG-26. J.P. CUEILLE, E. JOURDAIN,
Réductions des externalités : impacts du progrès technique et de l'amélioration de l'efficacité énergétique.
Janvier 1997

CEG-27. J.P. CUEILLE, E. DOS SANTOS,
Approche évolutionniste de la compétitivité des activités amont de la filière pétrolière dans une perspective de long terme.
Février 1997

CEG-28. C. BAUDOUIN, J.P. FAVENNEC,
Marges et perspectives du raffinage.
Avril 1997

CEG-29. P. COUSSY, S. FURLAN, E. JOURDAIN, G. LANDRIEU, J.V. SPADARO, A. RABL,
Tentative d'évaluation monétaire des coûts externes liés à la pollution automobile : difficultés méthodologiques et étude de cas.
Février 1998

CEG-30. J.P. INDJEHAGOPIAN, F. LANTZ, V. SIMON,
Dynamique des prix sur le marché des fiouls domestiques en Europe.
Octobre 1998

CEG-31. A. PIERRU, A. MAURO,
Actions et obligations : des options qui s'ignorent.
Janvier 1999

CEG-32. V. LEPEZ, G. MANDONNET,
Problèmes de robustesse dans l'estimation des réserves ultimes de pétrole conventionnel.
Mars 1999

CEG-33. J. P. FAVENNEC, P. COPINSCHI,
L'amont pétrolier en Afrique de l'Ouest, état des lieux
Octobre 1999

CEG-34. D. BABUSIAUX,
Mondialisation et formes de concurrence sur les grands marchés de matières premières énergétiques : le pétrole.
Novembre 1999

CEG-35. D. RILEY,
The Euro
Février 2000

CEG-36. et 36bis. D. BABUSIAUX, A. PIERRU*,
Calculs de rentabilité et mode de financement des projets d'investissements : propositions méthodologiques.
Avril 2000 et septembre 2000

CEG-37. P. ALBA, O. RECH,
Peut-on améliorer les prévisions énergétiques ?
Mai 2000

CEG-38. J.P. FAVENNEC, D. BABUSIAUX,
Quel futur pour le prix du brut ?
Septembre 2000

ECO-39. S. JUAN, F. LANTZ,
La mise en œuvre des techniques de Bootstrap pour la prévision économétrique : application à l'industrie automobile
Novembre 2000

* une version anglaise de cet article est disponible sur demande