



## (2.5) Etude d'investissement pour les solutions en qualité de l'énergie

Angelo Baggini & Franco Bua

Université de Bergame & ECD

Juillet 2004

<b>1</b>	<b><i>Introduction</i></b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b><i>Analyse d'investissement</i></b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b><i>Budgetisation du capital</i></b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b><i>Classification des projets</i></b> .....	<b>4</b>
<b>5</b>	<b><i>Coût du capital</i></b> .....	<b>5</b>
<b>6</b>	<b><i>La valeur de l'argent dans le temps</i></b> .....	<b>6</b>
6.1	Valeur future d'une trésorerie unique .....	6
6.2	Valeur actuelle d'une trésorerie unique et d'un flux de trésorerie.....	7
6.3	Approche déterministe de l'analyse d'investissement QE.....	8
<b>7</b>	<b><i>Méthodes des trésoreries actualisées</i></b> .....	<b>9</b>
7.1	Valeurs Actuelles Nettes (VAN) .....	9
7.2	Taux Interne de Rentabilité (TIR).....	10
7.3	Equivalent annuel.....	12
7.4	Comparaison des méthodes d'analyse actualisées.....	12
<b>8</b>	<b><i>Méthodes des trésoreries non actualisées</i></b> .....	<b>13</b>
8.1	Délai de récupération simple (payback time).....	13
8.2	Analyse du point mort.....	15
<b>9</b>	<b><i>Approche stochastique de l'analyse d'investissement QE</i></b> .....	<b>15</b>
<b>10</b>	<b><i>Références et bibliographies</i></b> .....	<b>17</b>

### *European Copper Institute*



L'European Copper Institute est une joint venture Européenne entre les principaux producteurs de cuivre mondiaux et les fabricants Européens de demi-produits. Créé en 1996, l'ECI assure la promotion du cuivre en Europe avec un réseau de 11 centres de développement basés en Allemagne, au Benelux, en Espagne, en France, en Grèce, en Hongrie, en Italie, en Pologne, au Royaume Uni, en Scandinavie et en Russie. L'ECI poursuit les efforts initialement engagés par le Copper Products Development Association, créé en 1959, et de l'INCRA (International Copper Research Association) créé en 1961.

### *Centre d'Information du Cuivre, Laiton & Alliages et Copper benelux*



Ce sont les organisations professionnelles des producteurs et des transformateurs de cuivre chargées de promouvoir les applications du cuivre et de ses alliages sur les marchés français et du Benelux. Financés par les producteurs de cuivre du monde entier et par les sociétés fabricants de demi-produits, le Centre d'Information du Cuivre et Copper benelux mettent en oeuvre des programmes de développement sur leurs marchés respectifs en coordination avec les structures professionnelles internationales de leurs mandants : International Copper Association au niveau mondial, European Copper Institute au niveau Européen. Ils ont pour vocation de produire et de diffuser l'information technique relative au cuivre et à ses alliages, de faire connaître les meilleures méthodes de mise en oeuvre des produits dans chacun de leur domaine d'emploi et d'en promouvoir l'utilisation dans les grands secteurs d'application. Le Centre d'Information du Cuivre et Copper benelux sont les coordinateurs respectivement pour la France et le Benelux du programme européen Leonardo relatif à la formation en matière de « Power Quality ».



### *Remerciements*

Ce projet a été mis en oeuvre avec le soutien de la Communauté Européenne et l'International Copper Association Ltd.

### *Avertissement*

Le contenu de ce projet ne reflète pas nécessairement la position de la Communauté Européenne. De même, il n'implique aucune responsabilité de la part de la Communauté Européenne. L'European Copper Institute, le Centre d'information du Cuivre et Copper benelux déclinent toutes responsabilités pour toutes conséquences directes ou indirectes ou les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation du contenu ou de l'incapacité à utiliser les informations et les données de ce guide.

## 1 Introduction

Une qualité de l'énergie (QE) médiocre peut avoir un impact économique significatif sur le fonctionnement de nombreux sites différents et un large éventail de technologies existent. Elles permettent à la fois d'en limiter les conséquences et de résoudre les problèmes qui en découlent. L'amélioration des performances des services de production et les réductions de coûts réalisées permettent de mesurer le bénéfice financier résultant de la mise en oeuvre de ces technologies.

Afin de prendre des décisions d'investissements, il est indispensable d'évaluer l'impact économique d'une qualité de l'énergie médiocre et de le comparer aux coûts des diverses possibilités des mesures d'amélioration. En d'autres termes, il convient d'effectuer une étude coûts/bénéfices entre les différentes solutions possibles.

La méthode d'évaluation de ces investissements suit quatre étapes de base :

- le bilan de la qualité de l'énergie (QE) du système considéré,
- l'estimation du surcoût associé à la mauvaise qualité d'énergie,
- la définition des différentes solutions en termes de coût et d'efficacité,
- effectuer une analyse économique comparative des différentes solutions.

Cet article a pour but de fournir des pistes sur cette méthode et, plus particulièrement, sur l'utilisation appropriée des systèmes de prise de décision économique afin de comparer les différentes solutions. L'accent sera mis sur l'examen des différentes méthodes pour effectuer des comparaisons d'analyse d'investissement.

Afin de simplifier l'écriture, nous utiliserons le terme 'investissement QE' pour qualifier tout investissement technologique pour minimiser ou résoudre les problèmes de qualité d'énergie.

## 2 Analyse d'investissement

Les entreprises ont de nombreuses possibilités pour dépenser du capital dans le but de produire un retour sur investissement (il en existe toujours au moins deux : investir dans un projet ou placer cet argent sur un compte d'épargne).

Chaque solution, y compris les investissements QE, doit rivaliser avec d'autres opportunités d'investissements pour un capital réduit. De ce fait, l'analyse économique pour l'investissement QE doit être conduite de la même façon que toute autre analyse d'investissement de capital, afin que toutes les solutions puissent être comparées sur une même base. Ce type de procédé de prise de décision est appelé budgétisation du capital.

Un problème particulier se pose pour l'investissement QE, caractéristique de tout investissement de réduction des coûts. Dans le procédé de budgétisation du capital, certains projets sont marqués 'stratégiques' car nécessaires pour la survie et la croissance de l'entreprise, et sont donc prioritaires. D'autres types d'investissements sont requis par la loi mais ne rapportent pas ou peu de retour sur investissement, et ne seront donc pas entrepris par l'entreprise sur les critères économiques. Ce sont typiquement les investissements destinés à réduire l'impact environnemental des activités de production. Une fois que les

besoins en investissements stratégiques et législatifs ont été identifiés, il ne reste en règle général qu'un capital très restreint pour les mesures de réduction des coûts, telles que les investissements QE. Ces investissements doivent alors être pris en charge par les business units (unités opérationnelles), en utilisant leurs bénéfices d'exploitation plutôt que le capital. Ainsi inscrits dans une perspective à court terme, ils se voient soumis à la nécessité de rentabilité sous un à deux ans, cela équivaut à des taux de retour sur investissements de 50-100%, bien plus élevés que la moyenne des retours sur actifs. De ce fait, l'insuffisance du capital pour les investissements QE et la nécessité de financement par les bénéfices d'exploitation entraînent des performances réduites, et présente de bonnes opportunités pour des financement de tierces parties.

Dans ce chapitre, nous rappellerons quelques définitions utiles, ainsi que les principes de la 'budgétisation du capital'.

### 3 Budgetisation du capital

La décision de lancement d'un projet dépend de l'analyse des flux de trésorerie résultant de ce projet. Un processus de décision de budgétisation du capital doit satisfaire aux critères suivants :

- prendre en compte tous les flux de trésorerie du projet (y compris le fond de roulement),
- prendre en compte la variation de la valeur de l'argent dans le temps,
- toujours mener à une décision fiable lorsqu'il faut sélectionner des projets mutuellement dans des perspectives différentes.

Le procédé de budgétisation du capital repose entièrement sur l'estimation précise des flux de trésorerie, et il est primordial pour le décideur d'obtenir les prévisions les plus justes possibles. Il doit pour cela :

- identifier tous les paramètres qui affectent le flux de trésorerie et déterminer lesquels sont critiques pour le succès du projet.
- définir le degré de précision requis pour les prévisions.

Dans les paragraphes suivants, les règles les plus pertinentes de budgétisation du capital seront présentées en distinguant les méthodes dites déterministes et stochastiques. Une méthode d'évaluation est considérée déterministe si chaque flux de trésorerie calculé peut être estimé précisément, alors qu'elle sera stochastique si les flux de trésorerie calculés varient dans une fourchette incluant ainsi un certain degré d'incertitude.

L'accent sera mis sur les méthodes déterministes, une présentation plus approfondie des méthodes stochastiques sera faite dans un autre chapitre de ce guide.

### 4 Classification des projets

Dans le cadre de la budgétisation du capital, les projets peuvent être classés comme indépendants ou mutuellement exclusifs.

Un projet indépendant est un projet pour lequel les flux de trésorerie ne dépendent pas de la décision d'acceptation ou de refus d'un autre projet. Donc, tous les projets indépendants de la budgétisation du capital de l'entreprise devraient être acceptés.

Les projets mutuellement exclusifs sont les projets parmi lesquels un seul sera accepté, par exemple, une série de projets ayant tous le même objectif. Donc parmi des projets mutuellement exclusifs, plusieurs peuvent répondre aux critères de budgétisation du capital, mais un seul projet, le meilleur, devra être retenu.

## 5 Coût du capital

Les méthodes de calcul des flux de trésorerie décrites dans les paragraphes suivants mesurent les flux de trésorerie en termes de taux minimum de retour sur investissement afin de déterminer leur acceptabilité. Ce taux limite peut être compris comme le coût du capital de l'entreprise.

Le coût du capital de l'entreprise est le taux d'escompte qui doit être pris en compte dans la budgétisation du capital. Le coût moyen pondéré du capital (CMPC) reflète le coût pour l'entreprise d'obtenir un capital à investir dans des actifs au long terme ; c'est un coût moyen pondéré du coût des dettes de l'entreprise (court et long terme) et du coût des capitaux propres (actions préférentielles, actions ordinaires).

En d'autres termes, le coût du capital représente le coût des fonds utilisés afin d'acquérir la totalité des actifs de l'entreprise. En règle générale, il est considéré comme étant un taux de rentabilité attendu par les parties contribuant à la structure financière, actionnaires privilégiés et ordinaires et crédateurs. De ce fait, il est généralement calculé comme une moyenne pondérée des coûts associés à chaque type de passif inclus dans la structure financière de l'entreprise.

En référence avec la budgétisation du capital, le concept sous-jacent à la définition de coût de capital est qu'une entreprise doit gérer ses actifs et sélectionner des projets dans le but d'obtenir un rendement au moins suffisant pour couvrir son coût de capital. La gestion financière sépare les décisions d'investissement des décisions financières. La structure financière d'une entreprise est considérée comme fixe, et les rendements comme l'image du CMPC.

Parfois, le taux de rentabilité exigé par les opportunités d'investissements est lié au risque pris, c'est-à-dire : les projets à faible risque ont des taux minimum de rentabilité bas, alors que des projets à haut risque doivent produire une rentabilité bien supérieure au CMPC.

Un autre facteur à prendre en compte est celui du rapport de la dette aux capitaux propres. Les entreprises peuvent vouloir limiter la dette par rapport aux capitaux propres, car cela augmente leur risque d'exposition. Ainsi, certains projets à fort taux de rentabilité peuvent ne pas être poursuivis si l'entreprise doit réduire ou limiter ses dettes. Encore une fois, cette situation offre la possibilité de financement par un tiers.

## 6 La valeur de l'argent dans le temps

Une quantité donnée d'argent disponible aujourd'hui vaut plus que la même quantité reçue dans le futur, car l'argent disponible aujourd'hui peut être investi et rapporter en intérêt plus que la même valeur dans le futur. Les mathématiques associées au calcul de la valeur de l'argent dans le temps quantifient la valeur d'une somme d'argent dans le temps. Ceci dépend, bien entendu, du taux de rentabilité ou taux d'intérêt, qui peut être obtenu grâce à l'investissement.

Le concept de valeur de l'argent dans le temps se divise en deux catégories :

- valeur future – décrivant le procédé permettant de déterminer dans quelle mesure un investissement aujourd'hui évoluera dans le futur,
- valeur présente – décrivant le procédé permettant de déterminer quelle serait aujourd'hui la valeur d'une somme d'argent qui sera perçue dans le futur.

### 6.1 Valeur future d'une trésorerie unique

La valeur future d'une trésorerie unique représente la quantité dont sera augmentée dans le futur un investissement fait aujourd'hui à un taux d'intérêt fixe. Par exemple, un investissement de 100 € déposé aujourd'hui à la banque à un taux d'intérêt de 10% payé et composé chaque année, sera de 110 € après un an.

Le calcul est le suivant :

$$100 \text{ €} (1 + 10/100) = 110 \text{ €} \qquad \textbf{Année 1}$$

La seconde année, le compte rapporte 10% d'intérêt sur les 100 € d'investissement initial et sur les 10 € d'intérêts gagnés la première année, ce qui donne un total de 121 € après deux ans :

$$110 \text{ €} (1 + 0.10) = 121 \text{ €} \text{ ou} \qquad \textbf{Année 2}$$

$$100 \text{ €} (1 + 0.10) (1 + 0.10) = 121 \text{ €} \text{ ou } 100 \text{ €} (1 + 0.10)^2 = 121 \text{ €}$$

L'investissement a donc gagné 11 € la deuxième année contre seulement 10 € la première année, car le taux d'intérêt pris pour exemple est un taux d'intérêt composé.

Si l'argent était laissé sur ce compte encore une année, l'intérêt serait calculé par rapport aux 121 €, et l'argent disponible à la fin de la troisième année serait de 133,10 € :

$$121 \text{ €} (1 + 0.10) = 133.10 \text{ €} \text{ ou} \qquad \textbf{Année 3}$$

$$100 \text{ €} (1 + 0.10) (1 + 0.10) (1 + 0.10) = 133.10 \text{ €} \text{ ou}$$

$$100 \text{ €} (1 + 0.10)^3 = 133.10 \text{ €}$$

La valeur future d'un investissement placé à un taux d'intérêt capitalisé composé annuellement peut être calculée grâce à l'équation suivante :

$$FV_t = CF_0(1+r)^t \quad (1)$$

où

FVt = la valeur future calculée à la fin de l'année t

CFo = la valeur de l'investissement initial

R = le taux d'intérêt composé annuel

T = le nombre d'années

## 6.2 Valeur actuelle d'une trésorerie unique et d'un flux de trésorerie

La valeur actuelle décrit le calcul de ce que serait la valeur aujourd'hui d'une somme d'argent à percevoir dans le futur. Donc la valeur actuelle d'une trésorerie future représente la quantité d'argent qui, si elle était investie aujourd'hui à un taux d'intérêt fixe, prendrait de la valeur jusqu'à être égale à la trésorerie qui sera perçue au même instant du futur. Le procédé consistant à trouver la valeur actuelle s'appelle l'actualisation et le taux d'intérêt utilisé pour calculer les valeurs actuelles est appelé le taux d'actualisation. Par exemple, la valeur actuelle d'une somme de 100 € à percevoir dans un an est de 90,91 € si le taux d'actualisation est de 10% composé par an.

Ceci peut être démontré comme suit:

$$90.91 \text{ €} (1 + 10/100) = 100 \text{ €} \text{ ou } 90.91\text{€} = 100 \text{ €} / (1 + 0.10)$$

L'équation de la valeur future est utilisée pour décrire le lien entre la valeur actuelle et la valeur future. La valeur actuelle d'une somme de 100 € à percevoir dans deux ans est de 82,64 € si le taux d'escompte est de 10%.

$$82.64 \text{ €} (1 + 0.10)^2 = 100 \text{ €} \text{ ou}$$

$$82.64 \text{ €} = 100 \text{ €} / (1 + 0.10)^2$$

L'équation suivante peut être utilisée pour calculer la valeur actuelle d'une trésorerie à percevoir dans le futur en fonction du taux d'escompte et du nombre d'années écoulées avant de percevoir la dite trésorerie<sup>1</sup>:

$$PV = \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

<sup>1</sup> On remarque que cette équation peut être obtenue algébriquement à partir de l'équation de la valeur future.

où:

PV = Valeur actuelle

CF<sub>t</sub> = Valeur de la trésorerie à percevoir dans t années

R = taux d'intérêt ou d'actualisation

T = nombre d'années

La valeur actuelle d'un flux de trésorerie est égale à la somme des valeurs actuelles des trésoreries uniques :

$$PV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

où :

PV = valeur actuelle du flux de trésorerie

CF<sub>t</sub> = valeur de la trésorerie perçue à la fin de l'année t

r = taux d'actualisation

t = nombre d'années de 0 à T

T = dernière année au cours de laquelle la trésorerie est perçue

### 6.3 Approche déterministe de l'analyse d'investissement QE

L'analyse économique des investissements est l'une des étapes fondamentales de tout processus de décision, car la réduction des coûts est le but principal des investissements QE.

Les éléments principaux d'un investissement sont :

- le coût du capital ou l'investissement initial,
- le coût du capital,
- la réduction des coûts,
- les frais d'exploitation et de maintenance liés à l'investissement,
- la durée de vie économique de l'investissement.

Plusieurs méthodes d'évaluation peuvent être utilisées, selon les critères d'évaluation internes d'investissement de l'entreprise. Des méthodes plus ou moins sophistiquées peuvent être utilisées selon l'importance de l'investissement.

Une distinction peut être faite entre les méthodes d'évaluation utilisant les coûts du cycle de vie et celles ne les utilisant pas. Les méthodes d'évaluation qui utilisent les coûts du cycle de vie sont basées sur la conversion des investissements et des flux de trésorerie à des périodes variées sur leur valeur équivalente actuelle. En d'autres termes, l'ensemble de la durée de vie de l'investissement est pris en compte. Des exemples types de méthodes de coût du cycle de vie sont les valeurs actuelles nettes (VAN) et taux interne de rentabilité (TIR).

Les méthodes d'évaluation n'utilisant pas les coûts du cycle de vie sont par exemple les méthodes de durée de remboursement et d'analyse de rentabilité. Ces méthodes ne prennent pas en compte la vie de l'investissement et indiquent simplement combien de temps il faudra pour récupérer l'argent dépensé dans le projet.

## 7 Méthodes des trésoreries actualisées

### 7.1 Valeurs Actuelles Nettes (VAN)

La valeur actuelle nette (VAN) d'un projet représente l'impact attendu d'un projet sur la valeur de l'entreprise.

Les projets avec une VAN positive doivent augmenter la valeur de l'entreprise. Donc, les règles de décision VAN spécifient que tous projets indépendants avec des VAN positives devraient être acceptés. Si la VAN est supérieure à zéro le projet est viable, car les bénéfices sont suffisants pour payer les intérêts et récupérer le capital initial avant la fin de vie de l'investissement. Si la VAN est nulle, la balance se fait à la fin de la vie de l'investissement et l'investissement est rarement intéressant.

Si l'on choisit entre des projets mutuellement exclusifs, le projet ayant la VAN la plus positive devra être retenu.

La VAN est calculée comme la valeur actuelle des revenus du projet moins la valeur actuelle des dépenses du projet. Cette relation étant exprimée par la formule suivante :

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_T}{(1+r)^T} \quad (4)$$

où:

CF<sub>t</sub> = Trésorerie nette au temps t

CF<sub>0</sub> = Investissement initial

r = coût du capital

t = nombre d'années

T = durée de vie du projet

L'exemple du tableau 1 illustre le calcul de la valeur actuelle nette et montre le flux de trésorerie engendré par deux projets A et B d'une durée de vie de 5 ans. Le coût du capital pour les projets est de 10%.

Si les projets A et B sont indépendants, alors tous deux devraient être acceptés. Par contre s'ils sont mutuellement exclusifs, alors le projet A doit être choisi car sa VAN est plus grande que la VAN du projet B.

La VAN prend en compte toute la trésorerie du projet ainsi que le coût de l'argent dans le temps.

Les projets peuvent aussi être comparés en prenant comme paramètre le ratio entre la valeur actuelle du projet et l'investissement relatif (VAN/I).

	Projet A	Projet B
Années	Trésorerie (€)	Trésorerie (€)
0	-1000	-1000
1	500	100
2	400	200
3	200	200
4	200	400
5	100	700
VAN	121,89	100,92

**Tableau 1 – Exemple de calcul de VAN (voir fichier excel [6])**

### Valeur Actuelle Nette (VAN) en bref

#### Qu'est ce que c'est ?

La VAN est la mesure de la valeur ajoutée ou créée aujourd'hui en entreprenant un investissement, c'est-à-dire la différence entre la valeur marché de l'investissement et son coût.

#### Comment calculer la VAN ?

Estimer la valeur des trésoreries futures. Calculer la valeur actuelle de ces trésoreries futures et retrancher le coût initial.

#### Les règles de la VAN

Pour des projets indépendants : un investissement doit être accepté si la valeur actuelle nette est positive, et rejeté si elle est négative.

Pour des projets mutuellement exclusifs : le projet avec la valeur actuelle nette la plus grande doit être sélectionné.

#### Faites le vous-même (si vous avez besoin d'aide, référez-vous au fichier excel [6])

Vous avez prévu d'acheter une ASI dont le prix aujourd'hui est de 20000 € et qui nécessitera une trésorerie de 3000 € sur les dix années à venir. La valeur du gain sera considérée comme nulle. Le coût du capital est de 5%. Devez-vous acheter l'ASI ?

## 7.2 Taux Interne de Rentabilité (TIR)

Le taux interne de rentabilité d'un projet est le taux d'escompte pour lequel la VAN du projet est nulle. Les règles de décision du TIR spécifient que tous projets indépendants avec des

TIR supérieurs au coût du capital doivent être acceptés. Si l'on doit sélectionner parmi des projets mutuellement exclusifs, le projet avec le plus haut TIR devra être choisi si et seulement si le TIR est supérieur au coût du capital.

$$NPV = 0 = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{CF_T}{(1+IRR)^T} \quad (5)$$

où:

$CF_t$  = flux de trésorerie généré au temps  $t$

$T$  = durée de vie du projet

L'exemple du tableau 2 illustre le calcul du TIR et montre le flux de trésorerie engendré pour deux projets A et B d'une durée de vie de 5 ans. Le coût du capital pour les deux projets est de 10%.

Si les projets A et B sont indépendants, alors les deux projets devraient être acceptés car leurs TIR sont supérieurs au coût du capital. Par contre, s'ils sont mutuellement exclusifs, alors le projet A doit être choisi car il a le TIR le plus grand.

	Projet A	Projet B
Années	Trésorerie (€)	Trésorerie (€)
0	-1000	-1000
1	500	100
2	400	200
3	200	200
4	200	400
5	100	700
TIR	17 %	13 %

**Tableau 2 – Exemple de calcul du TIR (voir fichier excel [6])**

### Taux Interne de Rentabilité en bref

#### Qu'est ce que c'est ?

Le taux interne de rentabilité est le taux d'escompte pour lequel la VAN d'un projet est nulle.

#### Comment calculer le TIR ?

Imposer la VAN égale à zéro et résoudre l'équation pour le taux d'intérêt. Le taux d'intérêt correspondant à une VAN nulle est le TIR.

#### Les règles du TIR

Un investissement est acceptable si le TIR est supérieur au taux de retour sur investissement. Autrement, l'investissement doit être rejeté.

#### Faites le vous-même (si vous avez besoin d'aide, référez-vous au fichier excel [6])

Vous voulez installer un filtre actif dont le prix est 5 000 € aujourd'hui et qui produira 1 000 € de trésorerie par an pendant les 10 années à venir. La valeur résiduelle sera considérée comme nulle. Le coût du capital est de 5%. Devez-vous installer le filtre ?

### 7.3 Equivalent annuel

En émettant l'hypothèse que le flux de trésorerie est le même chaque année, c'est-à-dire  $CF_0=CF_1=\dots=CFT$ , alors on peut simplifier l'équation (3) en :

$$PV = \frac{CF * ((1+r)^T - 1)}{r(1+r)^T} \quad (6)$$

L'équation ci-dessus peut être utilisée pour calculer la trésorerie annualisée (ACF) résultante d'un investissement. Par exemple, pour un investissement I en amélioration QE, cet investissement est effectif si les épargnes annuelles (ACS) sont plus importantes que la somme de la trésorerie annualisée et des dépenses d'exploitation et de maintenance (OME).

$$ACF = \frac{I * r * (1+r)^T}{(1+r)^T - 1} \quad (7)$$

Le coût annuel de propriété (ACO) pour cet investissement est égal à  $ACS - OME - ACF$  et la décision d'investissement doit être positive si  $ACO > 0$ . Une variante de cette méthode est utilisée au paragraphe 5.5.1 de ce guide, où le coût annuel d'une mauvaise qualité d'énergie est ajouté à l'investissement annuel et aux coûts d'exploitation et de maintenance pour diverses approches d'amélioration, et la solution de moindre coût est proposée.

ACO peut être converti en coût total de propriété en réutilisant l'équation (3) :

$$TCO = \frac{ACO * ((1+r)^T - 1)}{r * (1+r)^T} \quad (8)$$

### 7.4 Comparaison des méthodes d'analyse actualisées

Les règles de décision VAN et TIR prennent en compte toutes les trésoreries du projet, ainsi que la valeur de l'argent dans le temps.

Les règles de décision VAN et NPV diffèrent quant à leurs hypothèses de taux de réinvestissement. La règle de décision VAN implique implicitement que la trésorerie du projet peut être réinvestie au coût du capital de l'entreprise, alors que la règle de décision TIR implique implicitement que la trésorerie du projet peut être réinvestie au TIR du projet. Comme il est probable que chaque projet aura un TIR différent, l'hypothèse sous-jacente au VAN est plus prudente.

En général, les études économiques d'analyse présentent la VAN comme la méthode la plus juste pour prendre des décisions d'investissement. La méthode TIR présente plusieurs problèmes. Par exemple, l'équation (5) ne donne pas toujours une solution unique pour le TIR. De plus, pour un projet avec un TIR très élevé, 40% par exemple, l'hypothèse que l'entreprise soit capable de gagner un retour de 40% sur les recettes du projet est probablement fausse. Il n'y a pas de raisons aujourd'hui, grâce aux puissances de calcul des ordinateurs, de ne pas utiliser systématiquement la méthode VAN pour prendre des décisions d'investissement.

## 8 Méthodes des trésoreries non actualisées

### 8.1 Délai de récupération simple (payback time)

La durée de remboursement représente la durée nécessaire à un projet pour recouvrer son coût initial.

L'utilisation de la durée de remboursement comme règle de décision de budgétisation du capital spécifie que tous les projets dont la durée de remboursement est inférieure à un nombre d'années spécifié devraient être acceptés. Parmi plusieurs projets mutuellement exclusifs, c'est celui qui aura la durée de remboursement la plus courte qui devra être choisi.

Prenons pour exemple un projet A qui génère le flux de trésorerie, sur une durée de 5 ans, comme décrit dans le tableau 3.

Années	Trésorerie (€)
0	-1000
1	500
2	400
3	200
4	200
5	100

**Tableau 3 – Durée de remboursement Projet A**

Pour calculer la durée de remboursement du projet A, ajoutons une colonne au tableau qui représente le flux de trésorerie net généré par le projet chaque année (tableau 4).

Après 2 ans, le flux de trésorerie net est négatif (-1000 + 500 + 400 = -100) alors qu'après 3 ans le flux de trésorerie net est positif (-1000 + 500 + 400 + 200 = 100). Nous en déduisons donc que la durée de remboursement, ou point de rentabilité, a lieu pendant la troisième année. Si nous supposons que le flux de trésorerie est constant au cours de l'année, la durée de remboursement peut être calculée en utilisant la formule suivante :

$$PBT = Y_{LN} - \left( \frac{NCF(Y_{LN})}{CF(Y_{LN+1})} \right) \quad (9)$$

où :

$Y_{LN}$  = dernière année de trésorerie négative

$NCF(Y_{LN})$  = flux de trésorerie net pendant cette année

$CF(Y_{LN+1})$  = flux trésorerie total pendant l'année suivante

Années	Trésorerie (€)	Trésorerie nette (€)
0	-1000	-1000
1	500	-500
2	400	-100
3	200	100
4	200	300
5	100	400

**Tableau 4 – Durée de remboursement du projet A (Flux de trésorerie net)**

Il apparaît, dans l'exemple ci-dessus, que la dernière année avec un flux de trésorerie négatif est la seconde année. La valeur du flux de trésorerie net cette année là est de

-100 €, alors que la valeur totale du flux de trésorerie l'année suivante est de +200€, donc le projet recouvrera son investissement initial en  $2 - (-100/200) = 2.5$  ans.

Bien que très utilisée, la méthode du payback time a de nombreux inconvénients. Premièrement, elle suppose que 200 € reçus aujourd'hui sont équivalents à 200 € reçus dans 5 ans. En d'autres termes, elle ne prend pas en compte la valeur de l'argent dans le temps. Ce problème peut être résolu en calculant la durée de remboursement actualisée pour laquelle les flux de trésorerie sont escomptés de leurs valeurs actuelles basées sur le taux d'escompte, ce qui rend la méthode de durée de remboursement cohérente avec les méthodes de coût de cycle de vie telles que la VAN ou le TIR. Le deuxième biais est que le remboursement ne prend pas en compte les effets de durée de vie de certaines alternatives, pénalisant ainsi les projets ayant des durées de vie potentielles longues. Par exemple, si deux investissements alternatifs A et B coûtent 1000 € et rapportent 200 € par an, ils auront la même durée de remboursement de 5 ans et sembleront parfaitement équivalents. Par contre si l'investissement A a une durée de vie utile de 5 ans et l'investissement B, une durée de vie utile de 10 ans, il est évident que l'investissement B est un meilleur choix. Le troisième inconvénient est que le critère acceptation/rejet est souvent arbitrairement court. Par exemple, de nombreux organismes exigent des durées de remboursement de 1 à 3 ans pour considérer un projet de réduction des coûts et placent prioritairement les projets ayant une durée de remboursement plus courte.

Donc, la méthode de durée de remboursement éliminera de nombreuses opportunités d'investissements intéressantes alors qu'elle favorisera des projets qui diminueront la valeur de l'entreprise. Cette méthode était très utilisée dans les années 60 et 70, avant l'ère de l'ordinateur, du fait de sa simplicité de calcul. Aujourd'hui, cette méthode doit être évitée autant que faire se peut. Une enquête récente [7] montre que la VAN est de loin l'outil préféré parmi les entreprises du Fortune 1000, avec 85% des interrogés l'utilisant toujours ou souvent.

### **Le délai de récupération simple (payback time)**

#### **Qu'est ce que c'est ?**

La durée de remboursement est le temps nécessaire pour recouvrer son investissement initial.

#### **Comment calculer la durée de remboursement ?**

On émet l'hypothèse que les flux de trésorerie sont constants sur toute l'année, et l'on calcule le nombre d'années nécessaire pour que la somme des flux de trésorerie futurs soit égale à la dépense initiale.

#### **La règle simple du remboursement**

Un investissement est acceptable si sa période calculée de remboursement est inférieure à un nombre prédéfini d'années.

#### **Faites le vous-même (et si vous avez besoin d'aide, référez-vous au fichier excel [6])**

Vous avez pour projet d'acheter un volant d'inertie dont le prix est de 200 000 € aujourd'hui, et qui produira 3 000 € de trésorerie par an. L'entreprise n'accepte que les projets ayant une durée de remboursement de 4 ans ou moins. Devez-vous accepter l'achat de la machine ?

## 8.2 Analyse du point mort

L'analyse du point mort peut être utilisée pour des projets où il y a une construction graduelle des coûts et des bénéfices dans le temps. Par exemple, une usine de production aura besoin de plusieurs années d'investissements en équipements, travail, formation et services. Le rendement de l'entreprise augmentera progressivement avec son effet d'expérience et les ventes de ses produits sur le marché. Le moment où les coûts accumulés auront la même valeur que les bénéfices accumulés est appelé point de rentabilité. Cela s'applique particulièrement aux projets compliqués, et rarement aux investissements QE.

La plupart des tableurs fournis par les logiciels tels que OpenOffice, StarOffice et Microsoft Office offrent des fonctionnalités et des fichiers d'aide permettant de simplifier ce type de calcul.

## 9 Approche stochastique de l'analyse d'investissement QE

Les problèmes de qualité de l'énergie engendrent des flux de trésorerie négatifs – c'est-à-dire ce sont des coûts – soit constants (par exemple une perte excessive de puissance due à des harmoniques sur un transformateur), ou sporadiques (creux de tension ou perte d'un transformateur due à une surcharge causée par des harmoniques).

Le preneur de décision sera donc confronté à des conditions de certitudes, de risques ou d'incertitudes ; elles sont différenciées comme suit :

- les certitudes indiquent que le preneur de décision sait à l'avance les valeurs précises de tous les paramètres qui affecteront sa décision,
- les risques indiquent que le preneur de décision est conscient de tous les états qui peuvent avoir lieu et donc qui affecteront les paramètres de décision, et il est capable d'associer une probabilité d'occurrence à chacun de ces états,
- l'incertitude indique que le preneur de décision peut ne pas être au courant de tous les états possibles qui peuvent affecter la décision et/ou peut ne pas être capable d'associer une probabilité d'occurrence à chacun des états.

Quand il y a certitude à propos de la nature et de l'envergure du risque, les méthodes déterministes peuvent être appliquées. Face à l'incertitude, la première étape devra être de tenter de définir les valeurs manquantes à la compréhension de l'ensemble des possibilités et leurs probabilités associées, afin que l'incertitude devienne risque. Cela nécessite souvent de collecter des données supplémentaires, ce qui peut avoir un coût.

Pour gérer les risques, il est nécessaire d'adapter les méthodes d'évaluation déterministes décrites ci-dessus. Par exemple, si la VAN et la durée de remboursement étaient utilisés alors que les flux de trésorerie étaient déterministes, alors VAN<sup>^</sup> et durée de remboursement<sup>^</sup> seraient utilisés en analyse stochastique où les flux de trésorerie seraient exprimés en termes de valeur attendue.

**Figure 1 – Exemple d'utilisation de critères d'évaluation de projets déterministes et non déterministes**

	Courte durée	Longue durée
Déterministe	PBT	NPV
Stochastique	PBT <sup>^</sup>	NPV <sup>^</sup>

Par exemple, en condition de risque, la VAN peut être reformulée comme suit :

$$NPV^{\wedge} = \sum_{t=1}^T \frac{CF(t)^{\wedge}}{(1+t)^t} - I \quad (10)$$

où le symbole <sup>^</sup> indique les mêmes quantités que décrit précédemment.

Afin d'évaluer chaque flux de trésorerie, l'expression suivante peut être utilisée :

$$CF^{\wedge} = n p \delta$$

où:

n= fréquence de l'événement QE (cause du dommage)

p= probabilité du dommage

$\delta$  = valeur du dommage

La fréquence d'un événement peut être évaluée sur la base des standards (EN 50160), d'après les résultats de mesures ou sur historique de données.

La probabilité des dommages peut être évaluée sur la base de la littérature et de l'expérience ; un exemple est celui de la courbe de l'association « Computer and Business Equipment Manufacturers' Association (CBEMA) » pour les équipements informatiques.

La valeur du dommage est la valeur des pertes dues aux événements QE pouvant subvenir. Ces conséquences varient selon le type d'industrie, le site, le type de production, les conditions de marché, etc., les valeurs moyennes pouvant être trouvées dans la littérature ou dans un rapport d'enquête tel que [8]. Par exemple les pertes types dues aux événements QE sont :

- les pertes dues à une réduction de durée de vie des équipements,
- les pertes énergétiques,
- l'interruption de la production ou encours réduits
- les pertes de données

Avec cette approche :

- les flux de trésorerie sont déterminés avec une procédure d'évaluation des risques,
- les flux de trésorerie ne sont plus une variable déterministe mais stochastique et exprimés en termes de valeur attendue.

L'élément risque dans les investissements QE peut être concilié de deux façons :

- en établissant un fort taux minimum : par exemple si le coût moyen pondéré du capital (CMPC) est de 15%, alors les investissements à risque devront atteindre des taux de retour de 20%
- imposer un remboursement rapide: Un remboursement imposé sous deux ans implique un retour de presque 50% par an. La période court terme permet à l'entreprise de récupérer son argent avant que quelque chose ne tourne mal.

Toutefois, ces techniques pour s'accommoder du risque sont assez grossières. Elles ne prennent pas en compte le fait que les actifs d'exploitation sont en fait gérés pendant toute leur durée de vie, et que les décisionnaires peuvent prendre des mesures correctives.

## 10 Références et bibliographies

- [1] D V Lindley: 'Making Decisions', Wiley, London, 1985
- [2] J Clark, T Hindelag, R Pritchard: Capital budgeting, planning and control of expenditures, 3rd Edition, Prentice-Hall, 1989
- [3] R Brearly, S Myers: Principles of corporate finance, 4th Edition, McGraw Hill, 1991
- [4] Colli, Franzone: 'Teoria generale dei processi decisionali', Giuffrè, Pavia, 1992
- [5] Cherubini, Dalla Lunga: 'Matematica finanziaria', McGraw Hill, Milano 2002
- [6] [www.lpqi.org/library/application guide|Section 2: Costs|2.xls](http://www.lpqi.org/library/application%20guide/Section%202%20Costs.xls)
- [7] P Ryan: 'Capital budgeting practices of the Fortune 1000: how have things changed', Journal of Business and Management, Winter 2002
- [8] CEIDS: The cost of power disturbances to industrial & digital economy companies, 2001