

UNE APPROCHE MULTICRITERE POUR L'AIDE A LA SELECTION DE PORTEFEUILLES DE PROJETS

Vincent CLIVILLE* & Lamia BERRAH*

Mots-clés : Management multi-projets, Portefeuille de projets, Performance, Agrégation multicritère, Méthode MACBETH.

1. Introduction

La mise en place de stratégies de différenciation et d'innovation ont conduit de nombreuses grandes entreprises à adopter l'approche projet pour mieux répondre, voire dépasser les attentes de leurs clients (Garel 2003) (Gautier 2003). Dans ce sens, un projet est vu par la contribution qu'il apporte à l'atteinte des objectifs que se fixe l'entreprise. Cette dernière superpose alors une problématique de management des projets à la gestion traditionnelle de ses fonctions et de ses processus. A chaque projet sont classiquement associés un cahier des charges technique, un délai ainsi que des moyens humains, matériels et financiers qu'il convient de partager avec les autres projets (Fernex Walch 2004). La complémentarité dans l'alignement des projets avec la stratégie et la concurrence dans l'attribution des ressources exigent alors de l'entreprise une approche globale dans le management de ses projets (Lycett et al. 2004).

Dans ce sens, le management multi-projets constitue une réponse globale aux besoins de l'entreprise d'améliorer sa performance (innover, réduire coûts et délais...). Par une plus grande coordination dans le management des projets (Archer and Ghasemzadeh, 1999), cette nouvelle approche est notamment nécessaire dans le choix de nouveaux projets, la réattribution des ressources au vu des projets prioritaires, le gel ou l'abandon de certains projets en cours (Van Der Werve 1997). En particulier, la problématique de choix de nouveaux projets peut être

* LISTIC - Université de Savoie. Prenom.nom@univ-savoie.fr

traduite par la définition des dits portefeuilles de projets (Pillai et al. 2002). La question que l'on se pose est alors : parmi un ensemble de nouveaux projets candidats, quel sous-ensemble en retenir sachant les objectifs et les contraintes de l'entreprise ?

Actuellement, dans la pratique industrielle, la problématique de sélection de portefeuilles de projets relève davantage de l'empirisme, du charisme et de la conviction des chefs de projet que d'une démarche globale qui vise à atteindre des objectifs en minimisant les ressources (AFITEP 01). On trouve cependant, dans le cas où le problème consiste à sélectionner d'un projet (unique) à partir d'un ensemble de projets alternatifs, des outils qui permettent d'établir un classement des projets candidats tels que la matrice QFD ou le « carré magique » (Chan and Wu 2002) (Reyne 1987). Généralement, les projets sont évalués selon un certain nombre de critères tels que le prix, le délai, les spécifications techniques, la fiabilité... Cet ensemble d'évaluations ne permet toutefois pas toujours de dégager un classement des projets, aucune solution n'étant en général la meilleure sur tous les critères (Voorneveld 2003). Dans ce sens, une adaptation de la matrice QFD a été proposée (Pillet et al. 2005) qui associe une performance globale à chaque projet afin de les classer. Cette expression de performance est élaborée conformément aux approches d'agrégation multicritère (Pomerol et Barba-Romero 1993) (Roy 1985). Elle agrège en effet les expressions de performance élémentaires obtenues selon chaque critère en pondérant leur importance.

Si une telle approche permet de classer l'ensemble des projets candidats avant de choisir le meilleur, il demeure cependant que l'évaluation de chaque projet est faite par un expert différent, le chef de projet, à la fois juge et parti. De plus, l'évaluation d'un projet unique n'identifie pas la problématique de sélection de portefeuilles de projets. Il n'est pas certain en effet que le sous-ensemble des 2 ou 3 projets les mieux classés sera le meilleur, ces projets pouvant être concurrents, contradictoires... En revanche, on trouve dans la littérature la méthode MACBETH (Measuring Attractivness by a Categorical Based Evaluation TecHnique) (Bana e Costa and Vansnick 1997), qui reprend le principe de comparaison de deux ou plusieurs projets sur la base d'une information unique et synthétique. Cette information est obtenue par l'agrégation d'informations de plusieurs évaluations élémentaires. Apparu dans les années 1990, cette méthode reprend les principes de la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) (Saaty 1977) et se fonde de plus sur la théorie de mesurage (Kranz et al. 1971) pour garantir la cohérence entre les expressions élémentaires et agrégées (Bana e Costa et al. 2004). Elle respecte ainsi les exigences de commensurabilité et de signifiante des évaluations de performance en vue de leur agrégation (Grabisch and Labreuche 2004). Signalons, d'autre part, que la méthode exploite aussi bien des jugements qualitatifs que quantitatifs et permet de considérer différents niveaux d'expertise. Les décideurs peuvent ainsi passer d'évaluations ordinales, qui ne permettent pas toujours de dégager des choix clairs, à des évaluations cardinales qui peuvent ensuite être agrégées et classées.

La pertinence de la méthode MACBETH pour le choix d'un projet dans un ensemble de projets a été montrée à partir du classement des performances agrégées associées aux différents projets (Bana e Costa et al. 2003) (Clivillé 04). Etendue à la problématique de la sélection de portefeuilles de projets, il s'agit alors d'aider dans le choix d'un sous-ensemble particulier en se fondant sur la performance agrégée associée et le respect des contraintes du portefeuille telles que le budget.

L'objet de cet article est de considérer la méthode MACBETH pour proposer une méthodologie d'aide à la sélection de portefeuilles de projets. Dans la section 2, quelques notions autour de la sélection de portefeuilles de projets sont introduites. La section 3 présente les principes généraux de l'agrégation et la méthode MACBETH. L'extension de cette méthode à la sélection de portefeuilles de projets est ensuite proposée dans la section 4 et vue à travers une application à la sélection d'un portefeuille de nouveaux produits chez un fabricant d'articles de sport. Une conclusion et quelques perspectives terminent cette étude.

2. L'approche projet

2.1 La notion de projet

Un projet est défini comme étant « un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entrepris dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques » (AFNOR 03). Les projets peuvent concerner des domaines tels que la conception de produits, leur industrialisation, l'implantation ou l'amélioration des moyens de production, les réorganisations industrielles... (Garel 2003) (Berrah et al. 2001). Selon l'importance des projets et le nombre d'entreprises impliquées, il y a consensus pour distinguer 4 types de rapport entre l'entreprise et ses projets (figure 1) (ECOSIP 1993) (Garel et al. 2004) :

- l'entreprise est structurée autour de quelques grands projets dont elle est la principale partie prenante (type A) ;
- un projet important rassemble plusieurs entreprises (type B) ;
- une entreprise met en œuvre de nombreux projets d'importance moyenne ou faible qu'elle gère en quasi-totalité (type C) ;
- l'entreprise est organisée autour d'un projet unique (type D).

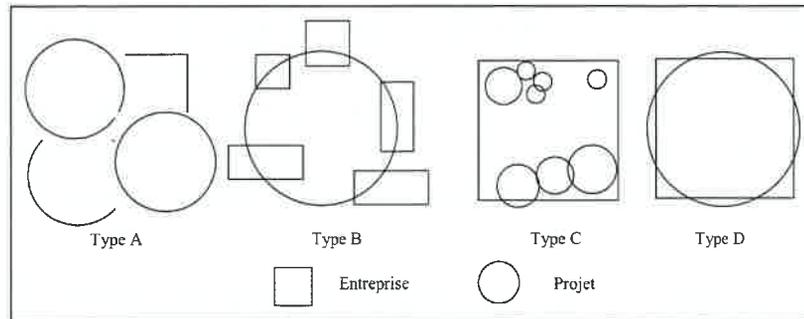


Figure 1 : Le rapport projets / entreprises (ECOSIP 1993) (Garel et al. 2004).

2.2 Le management de projet

L'émergence de l'approche projet a conduit l'entreprise à développer, parallèlement au pilotage de ses processus, une nouvelle approche de pilotage identifiée au management de projet. L'AFITEP définit le management de projet comme étant « l'ensemble des outils techniques et méthodes qui permettent au chef de projet et à l'équipe plus ou moins nombreuse qui lui est directement associée, de conduire, coordonner et harmoniser les différentes tâches exécutées dans le cadre du projet, afin qu'il satisfasse aux besoins explicites et implicites pour lesquels il a été entrepris » (AFITEP 1998). Schématiquement, l'équipe projet, et en particulier son chef, doit respecter le cahier des charges technique grâce aux moyens alloués, sachant un environnement incertain et les contraintes imposées (budget, délai et jalons, disponibilité des ressources) (Turner 1999).

Mais, face à l'augmentation du nombre de projets managés dans les grandes et moyennes entreprises (projets de type C, figure 1), le risque de voir des équipes projet prendre des décisions contradictoires ou de sur utiliser une ressource commune augmente. Dans ces conditions, l'entreprise passe d'une logique de management de projet(s) où chaque chef de projet gère son projet de façon autonome, à une logique de management multi-projets. Ainsi chez un manufacturier de l'ameublement par exemple, les projets respectifs d'amélioration de la productivité des équipements et de la qualité des produits sont regroupés et gérés simultanément par le même chef de projet. Cependant, lorsque les projets sont divers et leur nombre important, il est usuel de les regrouper en projets ayant le moins d'interdépendance possible. Par exemple, les projets relatifs au développement de nouveaux produits sont distingués des projets d'investissement ou des projets de réorganisation. Le management d'une catégorie de projets peut non seulement présenter quelques similarités mais il peut se faire quasi-indépendamment du management d'une autre catégorie.

2.3 Le management multi-projets

L'idée de départ du management multi-projets est qu'il est difficile de gérer les problèmes de concurrence (ressources humaines ou financières) et de complémentarité (partage de composants, de technologies ou de savoir-faire) entre les projets regroupés dans une même catégorie (Cooper et al. 1998). Il faut donc disposer d'un outil de management qui prenne en compte l'ensemble des projets concernés par ces deux aspects. Dans ce sens, le management multi-projets vise « à gérer de façon globale un ou plusieurs ensembles de projets, en tenant compte des interdépendances entre les projets d'un même ensemble » (Fernex Walch 2004). Il consiste en particulier à sélectionner, donner une priorité, geler, voire tuer un ou plusieurs projets. Par exemple, le service R&D d'une entreprise spécialiste de l'industrie du vide, dans une enveloppe budgétaire donnée et connaissant les capacités des services impliqués :

- décide des nouveaux produits à développer en priorité (environ 1/3 des 20 projets annuels envisagés),
- coordonne le développement des composants nécessaires (une dizaine),
- met en place les projets de veille et d'innovation (une dizaine).

Dans la vision traditionnelle du management de projet, la définition d'un projet est considérée indépendamment de celle des autres projets¹. De même, toute décision dans le management du projet est considérée individuellement, sans envisager les impacts éventuels sur les autres projets. En management multi-projets, la procédure est étendue dans la mesure où il s'agit de définir et manager l'ensemble des projets en fonction de l'impact, sur la performance globale, de leur mise en œuvre conjointe.

Un portefeuille de projets peut être défini comme « un ensemble de projets en concurrence » (Fernex-Walch 2004). Il regroupe des projets dépendants les uns des autres par les produits consommés ou fournis, les ressources mobilisées, les technologies ou les savoir-faire utilisés (De Maïo et al. 1994). La question posée est alors : considérant une catégorie donnée de projets, quel portefeuille sélectionner (Cooper et al. 1998) (Dye et al. 1999) ?

2.4 La problématique de sélection de portefeuille de projets

Soient un ensemble de n projets identifiés dans une catégorie donnée dont il s'agit de retenir un sous-ensemble de q projets, avec $q < n$. Pour un ensemble de m critères retenus pour évaluer la performance des projets et un ensemble de k contraintes à respecter, sélectionner un

¹ Hormis le cas particulier des projets d'investissement, où la programmation linéaire en particulier permet de prendre en compte les synergies ou contradictions entre les différents projets (Giard 2003).

portefeuille de projets revient à rechercher le sous-ensemble (parmi tous les sous-ensembles possibles) qui contribue le mieux aux critères retenus, tout en respectant les contraintes fixées.

A un sous-ensemble donné, on associe un vecteur d'expressions de performance élémentaires selon les m critères retenus. Ce vecteur est noté (p_1, \dots, p_m) . La performance agrégée résultant de ce vecteur (par une moyenne pondérée en général) est notée $p_{Agrégée}$. Il s'agit alors de déterminer les expressions agrégées associées aux différents sous-ensembles de projets puis de les classer pour retenir le sous-ensemble auquel est associé la performance agrégée maximale.

Pour identifier ce portefeuille, le management doit donc :

1. rechercher les différents sous-ensembles de projets qui respectent les contraintes,
2. déterminer les expressions de performance élémentaires et agrégée associées,
3. les classer pour aider les décideurs dans leur choix.

Concernant le 1^{er} point, nous considérons, conventionnellement dans cet article, la seule contrainte budgétaire. Pour simplifier la présentation, nous supposons par ailleurs l'additivité dans les budgets, sachant que des travaux sont disponibles pour prendre en compte les interdépendances entre les projets et leurs budgets (Giard 2003). Pour l'expression de la performance, nous retenons la méthode MACBETH en choisissant de comparer les sous-ensembles qui consomment le budget afin de limiter le nombre de sous-ensembles à évaluer. En effet, notre hypothèse est qu'un sous ensemble de q projets est plus performant que le sous-ensemble des mêmes q projets sauf 1 (quel qu'il soit). Le classement des projets suivant leur performance agrégée peut alors être réalisé.

Nous allons dans le paragraphe suivant nous familiariser avec l'agrégation multicritère et la méthode MACBETH. Les bases de la méthode sont, en l'occurrence, présentées dans le cas de la sélection d'1 projet parmi n . La proposition d'extension à la sélection de portefeuilles (q projets parmi n) sera présentée au travers de notre application.

3. La méthode MACBETH pour la sélection de projets

3.1 L'agrégation des performances

En univers multicritère, lorsqu'un décideur doit choisir une solution parmi un ensemble de solutions alternatives, il compare les vecteurs d'expressions de performance (une expression de performance élémentaire est définie selon chaque critère pour chaque solution) associés à ces différentes solutions. Lorsque aucune solution ne domine les autres au sens de Pareto (aucune expression élémentaire associée à n'importe quelle autre solution ne domine une des

expressions élémentaires associées à cette solution), le décideur ne peut pas choisir (Voorneveld 2003). L'agrégation permet dans ce cas de synthétiser des expressions de performance élémentaires en une expression globale, le décideur disposant alors d'une information pour faire son choix (Pomerol et Barba-Romero 93).

Dans le cas de la performance industrielle, cette relation d'agrégation est souvent identifiée à un opérateur, comme la moyenne pondérée. Rappelons que cette dernière se présente sous la forme, pour trois critères notés 1, 2 et 3, $p_{\text{Agrégée}} = p_1 w_1 + p_2 w_2 + p_3 w_3$, où p_i est la performance élémentaire suivant le critère i et w_i son poids d'importance dans la performance agrégée.

3.2 La méthode MACBETH

MACBETH, Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation TechNique, est une méthode multicritère basée sur la comparaison par des experts de différentes situations, des projets et sous-ensembles de projets dans notre cas. Ces situations sont décrites :

- d'une part, par un vecteur d'expressions élémentaires (p_1, \dots, p_m) ,
- d'autre part, par une expression agrégée $p_{\text{Agrégée}}$ qui synthétise les expressions élémentaires.

Le principe de la méthode est d'exploiter une expertise humaine sous forme de comparaisons. Par exemple, l'expert déclare préférer le projet A au projet B selon le critère i puis précise cette préférence : il préfère *faiblement*, ou *modérément*, ou *fortement* ou... le projet A au projet B. Ces informations sont ensuite traitées afin d'exprimer la performance p_i associée à chacun des projets envisagés. Une démarche similaire est menée pour déterminer les poids w_i de la moyenne pondérée, fondée sur la comparaison de projets particuliers, comme nous le verrons ultérieurement.

La méthode préconise une procédure structurée en 4 étapes principales (figure 2). Après une définition du contexte où sont retenus les critères et les situations envisagées (étape 1), la méthode permet aux experts de définir en parallèle les vecteurs d'expressions élémentaires (étape 2) et les paramètres de l'opérateur d'agrégation (étape 3). Lorsque ces 2 types d'information sont disponibles, MACBETH fournit les expressions de performance correspondantes (étape 4)².

² Les experts peuvent revenir sur leurs comparaisons si des contradictions sont détectées (consistance) ou si les résultats obtenus ne les satisfont pas (voir Bana e Costa et al. 2003) pour davantage de détails.

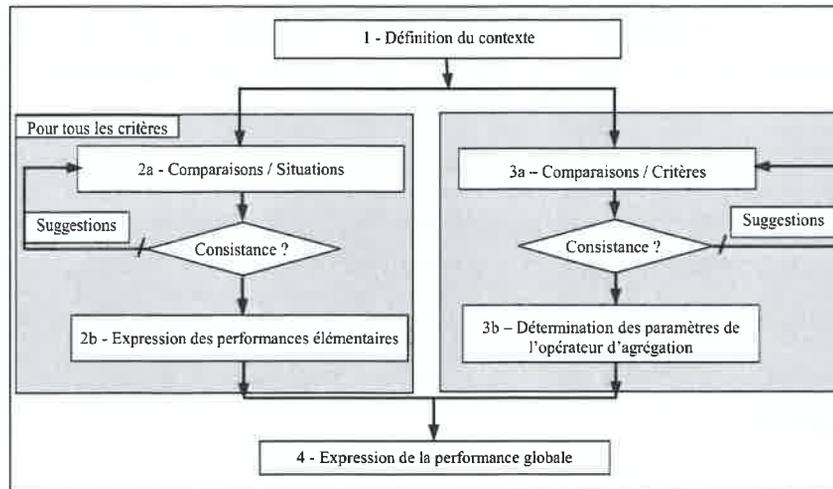


Figure 2 : La méthode MACBETH.

Après cette brève présentation, appliquons MACBETH à la problématique de la sélection non pas d'un projet mais d'un portefeuille de projets.

4. Application au choix de nouveaux produits chez un fabricant d'articles de sport

Pour la sélection d'un portefeuille de projets, le principe d'utilisation de la méthode MACBETH reste le même, si ce n'est qu'il s'agit de comparer 2 à 2, non pas des projets mais des ensembles de projets. Cela impose toutefois en pré-requis la définition des ensembles de projets à comparer. Dans un souci de concision, notre contribution est directement illustrée par son application chez un fabricant d'articles de sports (Blot 2005). La méthode est d'abord utilisée pour la sélection du meilleur projet dans une catégorie de n projets candidats en comparant les projets 2 à 2. Elle est ensuite étendue à la sélection d'un portefeuille de q projets dans la même catégorie de projets. Ce sont alors les sous-ensembles de q projets qui sont comparés 2 à 2 afin de définir la performance agrégée $p_{\text{Agrégée}}$ associée et d'identifier la meilleure.

4.1 Etape 1 : la définition du contexte

L'entreprise X^3 produit et distribue des vêtements et articles de sport pour le grand public. L'objectif de l'entreprise est d'accroître ses parts de marché et son résultat en développant une image centrée sur le sport « plaisir » et le respect de l'environnement. Dans ce cadre, elle souhaite en particulier mettre en place une évaluation systématique des projets relatifs au

³ Pour préserver l'anonymat et la confidentialité demandée par l'entreprise, les informations sont vraisemblables mais ne correspondent pas à la réalité industrielle.

développement de nouveaux produits, afin de retenir ceux qui ont le meilleur impact sur sa performance globale. Au vu de la difficulté à quantifier directement un tel impact, une quantification indirecte est envisagée, à partir de l'agrégation de performances élémentaires. Ces performances sont exprimées selon les critères suivants :

- le coût de revient du nouveau produit (CNP),
- l'avantage commercial (ACO),
- le gain en énergie et matière première (GEM),
- l'acquisition de connaissances sur les nouveaux concepts (ANC),
- le risque financier et technique (RFT).

Les projets doivent respecter en outre une contrainte de budget de B K€ attribué à ces projets. Pour améliorer sa performance globale, l'entreprise met en œuvre toutes sortes de projets qu'elle regroupe par catégorie (§ 2.2) Dans ce cadre, la problématique de sélection est forte en ce qui concerne les projets de développement de nouveaux produits. Les projets candidats au portefeuille concernent les produits suivants (tableau 1)

Désignation	Notation abrégée	Budget
Sac à dos ballade	Sac	0.25×B
Chaussure de moyenne montagne	Ch1	0.30×B
Tente de randonnée à montage rapide	Ten	0.45×B
Kit d'orientation nature	Kit	0.15×B,
Chaussure polyvalente marche randonnée sportive	Ch2	0.35×B,
Survêtement « tout temps »	Sur	0.25×B,

Tableau 1 : Les projets de développement de nouveaux produits candidats au portefeuille.

En outre, le budget total nécessaire pour mener tous les projets dépasse le prévisionnel de 85%. Le problème de l'entreprise est alors de retenir le sous-ensemble permettant d'atteindre la meilleure performance globale d'une part, et respectant la contrainte budgétaire d'autre part. Pour évaluer l'impact des différents sous-ensembles de projets, le responsable du développement de nouveaux produits décide d'appliquer avec notre aide, la méthode MACBETH.

Le nombre de sous-ensembles envisageables est 2^6 soit 64. Parmi les 64 sous-ensembles, environ une trentaine satisfont la contrainte budgétaire. Considérer tous ces sous-ensembles

rend la méthode inefficace, les experts étant incapables d'appréhender toutes les alternatives. Notre idée est donc de ne considérer qu'un nombre limité d'alternatives, celles qui respectent le budget (§ 2.3). C'est pourquoi, seuls les sous-ensembles consommant entre 0,95 B et 1,05 B sont retenus. Mais le raisonnement sur les sous-ensembles de 3 ou 4 projets est moins naturel pour les experts. Nous leur proposons donc de commencer par une comparaison des projets 2 à 2 pour les familiariser aux concepts de MACBETH avant de comparer les sous-ensembles retenus entre eux.

4.2 Etape 2 : l'expression des performances élémentaires

Considérons le critère RFT relatif au risque financier et technique. Pour définir les expressions de performance élémentaires, l'expert exprime des comparaisons sous forme de :

- **préférence**, par exemple le risque associé au nouveau produit « Kit », noté $p(Kit)$, est préféré à celui associé au nouveau produit « Tente », noté $p(Tente)$; i.e. : $p(Kit) > p(tente)$,
- **intensité de préférence**, par exemple le risque associé au nouveau produit « Kit », préféré de façon **forte**, à celui associé au nouveau produit « Tente » ; i.e. : $p(Kit) >^{forte} p(Tente)$ où la notation $>^{forte}$ indique la préférence **forte**.

Les intensités de préférence peuvent prendre 7 valeurs : *nulle, très faible, faible, modérée, forte, très forte et extrême*. Pour encadrer ces performances sur l'intervalle [0,1], l'expert considère en outre 2 situations extrêmes⁴ :

- la situation « Sup » qui correspond à une atteinte totale de l'objectif, i.e. $p = 1$,
- la situation « Inf » qui correspond à une non atteinte totale de l'objectif, i.e. $p = 0$.

L'ensemble de ces informations est ensuite traité et permet, pour un critère donné, d'associer à chaque projet une expression de performance élémentaire qui respecte les préférences et intensités de préférence de l'expert. Les illustrations proviennent du logiciel M-MACBETH⁵ qui effectue l'ensemble des traitements de la procédure MACBETH. Le même questionnement est mené pour les 4 autres critères. Le tableau 2 synthétise les résultats obtenus.

⁴ Ces valeurs peuvent être fournies par étalonnage concurrentiel.

⁵ M-MACBETH, www.m-macbeth.com

	sup	Ch1	Sac	Vet	Ch2	kit	Ten	inf	Echelle courante
sup	nulle	tr. faible	positive	positive	positive	positive	positive	positive	100.00
Ch1		nulle	nulle	positive	positive	positive	positive	positive	91.67
Sac			nulle	tr. faible	positive	positive	positive	positive	91.67
Vet				nulle	faible	positive	positive	positive	83.33
Ch2					nulle	modérée	positive	positive	66.67
kit						nulle	modérée	positive	41.67
Ten							nulle	faible	16.67
inf								nulle	0.00

Tableau 2 : L'expertise pour le risque financier et technique

4.3 Etape 3 : la détermination des paramètres de l'opérateur d'agrégation

Pour calculer l'expression de la performance globale depuis les expressions élémentaires, il est nécessaire de déterminer les paramètres de l'opérateur d'agrégation moyenne pondérée, soient les 5 poids w_i . Pour cela, l'expert compare plusieurs situations particulières relatives aux critères retenus, CNP, ACO, GEM, ANC, RFT (§ 4.1).

Les différentes situations sont connues à travers les vecteurs d'expressions de performance élémentaires associés $(p_{CNP}, p_{ACO}, p_{GEM}, p_{ANC}, p_{RFT})$, notés plus simplement $(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)$. Pour permettre des comparaisons simples et réalistes, l'idée est de considérer uniquement des situations « fictives » qui correspondent aux cas particuliers où un objectif est totalement satisfait, tous les autres ne l'étant pas du tout. Les vecteurs de performance élémentaire associés sont alors par exemple de type $(0,1,0,0,0)$ où $p_1 = p_3 = p_4 = p_5 = 0$ et $p_2 = 1$. Pour définir les 5 poids de la moyenne pondérée, l'expert compare ainsi ses préférences concernant la performance agrégée associée aux situations fictives.

Par exemple, il préfère de façon *forte* la situation décrite par le vecteur $(0,0,0,0,1)$ où la performance selon le critère RFT est excellente et les autres performances sont nulles, à la situation décrite par le vecteur $(0,0,0,1,0)$ où la performance selon le critère ANC est excellente et les autres performances sont nulles : $p(0,0,0,0,1) >^{forte} p(0,0,0,1,0)$. Cela signifie que la performance selon le critère RFT est plus critique que la performance selon le critère ANC.

Ces données sont ensuite traitées (résolution d'un système de 5 équations à 5 inconnues). L'expert peut corriger ces valeurs en reconsidérant ses jugements.

Il est alors possible d'agrégier les expressions élémentaires pour calculer la performance globale (tableau 3).

	p_{CNP}	p_{ACO}	p_{GEM}	p_{ANC}	p_{RFT}	p_{Ag}
	$w1 = 0,27$	$w2 = 0,36$	$w3 = 0,06$	$w4 = 0,09$	$w5 = 0,21$	
Sac	0,19	0	0,60	0	0,92	0,28
Ch1	0,06	0	0,27	0	0,92	0,23
Ten	0,63	0,54	0,53	0,44	0,17	0,47
Kit	0,38	0,31	0	0,22	0,42	0,32
Ch2	0,31	0,23	0,07	0,44	0,67	0,36
Vet	0,19	0,38	0,13	0,44	0,83	0,42

Tableau 3 : Performance globale associée aux projets de développement de nouveaux produits.

De ces résultats, l'expert établit que:

- le projet « Tente à montage rapide » est le meilleur projet,
- la performance globale qui lui est associée est de « seulement » 0,47, ce qui veut dire que ce seul projet ne peut pas permettre à l'entreprise d'atteindre ses objectifs.

Cette évaluation de la performance globale, avec d'autres informations comme le budget, le délai, etc. peut permettre de classer les projets de façon plus rigoureuse. Cette première application de la méthode MACBETH permet à l'expert de raisonner de façon plus quantitative. Pour évaluer maintenant les sous-ensembles de projets, le niveau d'expertise requis s'accroît. Il sera donc utile de connaître la contribution individuelle des projets candidats à la performance globale. Rappelons que la détermination des paramètres est acquise, ce qui facilite l'utilisation de la méthode MACBETH.

4.4 Etape 1 : la définition du nouveau contexte

Les critères considérés restent les mêmes que dans le § 4.1. Les sous-ensembles candidats sont présentés dans le tableau 4. Ils sont comparés à 2 situations de référence :

- la situation « Sup », identique au § 4.1, $p = 1$,
- le projet « Tente à montage rapide », qui remplace la situation « Inf » du § 4.1, $p = 0.54$.

Tente + Vêtement + Sac SE¹	0,95
Tente + Chaussure1 + Kit SE²	0,95
Tente + Chaussure2 + Kit SE³	1,00
Chaussure1 + Sac + Vêtement + Kit SE⁴	1,00
Sac + Vêtement + Chaussure2 + Kit SE⁵	1,05
Tente	0,45

Tableau 4 : Les sous-ensembles candidats.

4.5 Etape 2 : L'expression des performances élémentaires

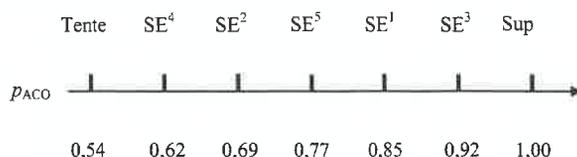
L'expert classe tout d'abord les sous-ensembles candidats selon ses préférences suivant les différents critères. Dans notre cas, à ce stade de développement des projets, il suppose que toutes les intensités de préférence sont équivalentes. Il peut donc se contenter d'un classement des sous-ensembles candidats. Par exemple, concernant le critère Avantage commercial ACO, les préférences exprimées par les experts s'écrivent (2) :

$$0.54 < p(SE4) < p(SE2) < p(SE5) < p(SE1) < p(SE2) < 1 \quad (2)$$

Pour mener ce calcul, les 2 performances élémentaires connues sont la valeur 1 (situation « Sup ») et la valeur 0,54 associée au projet « Tente à montage rapide ». L'intensité de préférence est dans ce cas très faible, tous les sous-ensembles étant préférés avec la même intensité, ce qui permet d'écrire (3) :

$$0.54 < p(SE4) < p(SE2) < p(SE5) < p(SE1) < p(SE2) < 1 \Leftrightarrow 1 - p(SE3) = p(SE3) - p(SE1) = \dots \quad (3)$$

La figure 3 représente les connaissances exprimées.



La détermination des expressions élémentaires suivant le critère ACO

La même démarche est menée pour les autres critères, ce qui permet d'obtenir le tableau 5 et de calculer les performances agrégées correspondantes. L'expert dispose également de l'information « Budget », ce qui lui permet de comparer les budgets d'une part et les performances agrégées d'autre part, pour les différents sous-ensembles candidats.

	P_{CNP}	P_{ACO}	P_{GEM}	P_{ANC}	P_{RFT}	p_{Ag}	B
poids	0,27	0,36	0,06	0,09	0,21		
SE1	0,72	0,85	0,92	0,72	0,50	0,73	0,95
SE2	0,81	0,69	0,69	0,63	0,33	0,64	0,95
SE3	0,91	0,92	0,61	0,91	0,00	0,70	1,00
SE4	0,44	0,62	0,84	0,54	0,83	0,62	1,00
SE5	0,53	0,77	0,77	0,81	0,67	0,69	1,05

Tableau 5 : Synthèse des performances des sous-ensembles candidats

La lecture de ce tableau permet de constater que le sous-ensemble SE1, qui comprend les projets « Tente », « Vêtement » et « Sac » donne la meilleure performance globale. Les sous-ensembles SE3 et SE5 donnent des résultats très proches mais avec des budgets légèrement

supérieurs. Les managers peuvent désormais s'appuyer sur une information quantitative pour retenir un sous-ensemble, affiner leur choix, améliorer leur proposition, étendre le portefeuille en reconsidérant le budget...

4.6 Retour sur l'application

La méthode MACBETH, d'aide à la sélection de portefeuilles de projets en univers multicritère, demande à l'entreprise d'une part une formalisation importante des objectifs et critères qu'elle se fixe, d'autre part une énumération des projets et sous-ensembles de projets candidats au portefeuille.

Sur cette base, l'entreprise peut évaluer méthodologiquement chacun des sous-ensembles examinés. Cette évaluation fondée sur les notions de préférence et d'intensité de préférence garantit la cohérence des expressions de performance et donc la validité du classement obtenu. Outre ce classement, l'entreprise peut constater qu'aucun sous-ensemble ne permet d'atteindre totalement une performance agrégée de 1, pleinement satisfaisante pour le budget donné. Elle peut ainsi reconsidérer le portefeuille et les projets du portefeuille, revoir ses objectifs ou ses contraintes, relever le budget par exemple. Pour autant, la performance agrégée ne représente qu'une information pour l'aide au choix, sachant que certaines contraintes n'ont pas été explicitement prises en compte, comme par exemple le délai, l'utilisation des ressources critiques...

D'un point de vue pratique, l'apprentissage de la méthode demande un effort important aux experts. Cependant, le retour en termes de quantification et de gain de connaissance sur le portefeuille sélectionné justifie cet investissement et facilite par la suite le management du portefeuille ainsi que les sélections futures.

5. Conclusion et perspectives

L'idée essentielle défendue dans cet article est que l'utilisation du concept de performance agrégée appliquée à la sélection de portefeuilles de projets permet de passer d'une gestion indépendante des projets à un management multi-projets. Cependant, le traitement d'agrégation doit respecter un certain nombre d'exigences aujourd'hui non satisfaites dans les outils d'aide à la sélection de projets. C'est pourquoi nous avons proposé d'utiliser la méthode MACBETH, auparavant utilisée par ses auteurs dans ce domaine.

Les travaux présentés dans cet article prolongent les applications de la méthode MACBETH pour l'aide à la décision en milieu industriel. En effet, cette méthode a été appliquée à la problématique de l'aide au choix de plans d'action (Clivillé et *al.* 2007) dans des démarches de pilotage intra-entreprise et à celle de l'aide au choix de fournisseurs pour une entreprise

« Donneur d'ordres » dans une approche de Supply Chain Management (Clivillé and Berrah. 2005).

Plus précisément, la méthode MACBETH a été appliquée pour l'aide au classement des sous-ensembles de projets envisagés par l'entreprise. L'industriel peut désormais suivre une méthode structurée afin de déterminer les expressions élémentaires et agrégées associés à chaque sous-ensemble et donc sélectionner le portefeuille de façon plus rationnelle.

A l'issue de ce travail, deux perspectives se dégagent notamment

- la première consiste à identifier les types de projet mis en œuvre, afin de distinguer les portefeuilles de l'entreprise (développement de nouveaux produits, amélioration des moyens de production...) et faciliter ainsi leur sélection et leur management,
- la seconde traite de l'identification des règles qui permettent de limiter le nombre de sous-ensembles alternatifs envisagés. L'utilisation de la méthode est en effet délicate lorsque le nombre de projets dépasse la dizaine.

6. Bibliographie

- AFITEP, ASSOCIATION FRANCAISE DES INGENIEURS ET TECHNICIENS D'ESTIMATION ET DE PLANIFICATION, 1998, Le management de projet. Principes et pratique, AFNOR, 278 p.
- AFITEP ASSOCIATION FRANCAISE DES INGENIEURS ET TECHNICIENS D'ESTIMATION ET DE PLANIFICATION, novembre 2001. Innovation, conception... et projets, Congrès francophone du management de projet, 340 p.
- AFNOR, 2003, Norme X50-115, Management de projet Présentation générale.
- Archer N.P. and F. Ghasemzadeh, 1999, An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*;17(4):207-16.
- Bana e Costa C.A. and J.C. Vansnick, 1997, Applications of the MACBETH approach in the framework of an additive aggregation model, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* Vol. 6 (2), pp. 107-114.
- Bana e Costa C.A. et al., 2003, MACBETH, London School of Economics, Dpt of Operational Research, Working paper 03-56.
- Bana e Costa C.A. et al., 2004, On the mathematical foundations of Macbeth. In MCDA. Multiple Criteria Decision Analysis. Figueira J., Greco S., Ehrgott M.(eds). Kluwer Academic Publishers, pp. 409-442.
- Berrah L. et al., août 2001, A cyclic enterprise reengineering method, International Conference On Engineering Design and Automation (EDA'01), Las Vegas, NV, USA, 6 pages, actes sur CD-ROM.

- Berrah L., 2002, *L'indicateur de performance concepts et applications*, Cepadues, 171 p.
- Berrah L. et al., 2004, Information aggregation in industrial performance measurement: rationales, issues and definitions, *International Journal of Production Research*; Vol. 42 (20): pp. 4271-4293.
- Blot A., juillet 2005, *Systèmes d'indicateurs de performance pour la gestion multi-projets*, Master recherche de l'Université de Savoie.
- Chan L.K. and M.L. Wu, 2002, « Quality function deployment: A literature review », *European Journal of Operational Research*, Vol.143 (3), pp. 463-497.
- Clivillé V., septembre 2004, "Approche systémique et méthode multicritère pour la définition d'un système d'indicateurs de performance", Thèse de doctorat en Génie Industriel, Université de Savoie, 216 p.
- Clivillé V. and L. Berrah, juin 2005, Methodological guidelines for performance measurement systems in a supply chain context, *International Workshop of Performance Measurement*, Bordeaux, 12 p, actes sur CD-ROM.
- Clivillé V. et al., 2007 Quantitative expression and aggregation of performance measurements based on the MACBETH multi-criteria method, *International Journal of Production Economics*, Volume 105 (1), pp. 171-189.
- Cooper R. G. et al., 1998, *Portfolio management for new products*. New York: Perseus Books.
- De Maño A. et al., 1994, A multi-project management framework for new product development, *European Journal of Operational Research*, Vol. 78, pp. 178-191.
- Dye L.D. and J.S. Pennypacker; 1999, An introduction to project portfolio management. In: Dye LD and JS, Pennypacker editors. *Project portfolio management: selecting and prioritizing projects for competitive advantage*. West Chester, PA, USA: Center for Business Practices p. xi-xvi.
- ECOSIP, 1993, Giard V. et C. Midler, *Pilotage de projets et entreprises ; diversité et convergence*, *Economica*, 330 p.
- Fernez-Walch S., 2000, *Management de nouveaux projets, Panorama des outils et pratiques*, 239 pages, éditions AFNOR.
- Fernez-Walch S., 2004, La problématique de portefeuilles de projets : finalités et mise en œuvre, dans Garel et al. 2004, chapitre 10, pp. 209-224.
- Garel G., 2003, *Le management de projet*, Editions La Découverte, 123 p.
- Garel G. et al. 2004, Ouvrage collectif, sous la direction de G. Garel et al., 2004, *Faire de la recherche en management de projet*, Vuibert, 325 p.
- Gautier F., 2003, *Pilotage économique des projets de conception et développement de nouveaux produits*, *Economica*, 360 p.
- Grabisch M. and C. Labreuche, 2004, Fuzzy measures and integrals. In *MCDA. Multiple Criteria Decision Analysis*. Figueira J., Greco S. Ehrgott M. (eds). Kluwer Academic Publishers, pp.563-608.
- ISO, 2001, *Qualité et systèmes de management ISO 9000*, éditions AFNOR, 581 p., 2001.
- Kranz D.H. et al., 1971, *Foundations of measurement*, Vol. 1 : Additive and Polynomial Representations, Academic Press, cité dans Grabisch et al. 2004.

- Lorino P., 2003, *Méthodes et pratiques de la performance*, éditions d'Organisation, 536 p.
- Lycett M. et *al.*, 2004, Program management: a critical review, *International Journal of Project Management* Vol. 22, pp. 289-299.
- Pillai A.S. et *al.*, 2002, Performance measurement of R&D projects in a multi-project concurrent engineering environment, *International Journal of Project Management*, Vol. 20, pp. 165-177.
- Pillet M. et *al.*, juin 2005, Problématique du déploiement des objectifs stratégiques d'une entreprise, : de l'opportunité d'utiliser une matrice QFD, 6^{ème} Congrès GI, 10 p., actes sur CD-ROM, Besançon.
- Pomerol J.C. et S.R. Barba-Romero, 1993, *Choix multicritère dans l'entreprise, principe et pratique*, Hermès, 391 p..
- Reyne, 1987, *Les choix technologiques pour l'entreprise : diagnostic technique*, Lavoisier.
- Roy B., 1985, *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica.
- Saaty T.L., 1977, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15, pp. 234-281.
- Turner J.R., 1999, *The handbook of project-based management*. 2nd ed. Cambridge, UK: McGraw-Hill.
- Van Der Merwe A.P., 1997, Multi-project management - organisational control, *International Journal Project Management*, Vol. 15(4), pp. 223-233.
- Voorneveld M., 2003, Characterization of Pareto dominance, *Operations Research Letters*, Vol. 31.