

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

SÉLECTION DYNAMIQUE DE PORTEFEUILLES DE PROJETS

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Comme exigence partielle
du programme de maîtrise en gestion de projet

PAR

LAHAYE Laurent

AOÛT 2009

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de recherche, Bruno URLI, pour m'avoir encadré tout au long de ma recherche. Je remercie également les professeurs André Gbodossou de l'UQAT et Didier Urli de l'UQAR pour leurs commentaires et d'avoir accepté d'agir comme membre du comité d'évaluation de ce mémoire.

Un grand merci au professeur Julian MOLINA pour sa contribution et son apport à cette recherche.

Enfin, je tiens à remercier Jean-Yves LAJOIE et Pierre CADIEUX, ancien et actuel directeur de la maîtrise en Gestion de Projet, ainsi que l'ensemble du corps professoral de la maîtrise en Gestion de Projet de l'UQAR à Lévis pour les connaissances et les diverses expériences qu'ils ont pu m'apporter dans ce domaine.

RÉSUMÉ

Après avoir rappelé les enjeux de la sélection de portefeuilles de projets, puis démontré la plus value de traiter ce problème en dynamique plutôt qu'en statique, nous regarderons les différents modèles existants, ainsi que les divers axes de recherche soulevés par cette pratique.

Appuyé par un modèle théorique existant, il sera présenté par la suite, le déroulement de la méthodologie proposée par la présente recherche, composée de plusieurs étapes, certaines en interactivité avec le décideur, d'autres basées sur l'exécution d'heuristique ou de méta heuristique.

Par la suite, à travers un exemple numérique, notre méthodologie sera appliquée concrètement, permettant de mettre en avant ses avantages et de pouvoir en dégager les axes d'amélioration pour de futures recherches.

TABLE DES MATIÈRES

remerciements	i
résumé	ii
table des matières	iii
liste des figures.....	v
liste des tableaux	vi
introduction	1
 CHAPITRE I : PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE.....	2
1.1 La gestion de portefeuille de projets.....	2
1.1.1 Place de la gestion de portefeuilles	2
1.1.2 Objectifs de la gestion de portefeuilles	3
1.1.3 Modèles de gestion de portefeuilles	4
1.1.4 Sélection de portefeuilles de projets	6
1.1.5 Difficultés liées à la pratique.....	7
1.1.6 Les différentes typologies de sélection	8
1.1.7 Modèles de sélection de portefeuilles	10
1.2 Les limites des modèles classiques de sélection de portefeuille de projets..	11
1.2.1 Limite du cas statique.....	11
1.2.2 Avantage du cas dynamique.....	13
1.3 Les modèles dynamiques de sélection de portefeuille de projets	14
1.3.1 Arbre de décisions	16
1.3.2 Optimisation dynamique de scénarios.....	17
1.3.3 Programmation linéaire	18
 CHAPITRE II : PROPOSITION D'UN NOUVEAU MODÈLE DYNAMIQUE DE	
SÉLECTION DE PORTEFEUILLE DE PROJETS	21
2.1 Introduction	21

2.2	Présentation de la méthodologie.....	23
2.2.1	Finalité de la méthodologie.....	23
2.2.2	Environnement de la méthodologie proposée	24
2.2.3	Présentation des étapes de la méthodologie	26
2.2.4	Logigramme de la méthodologie.....	28
2.3	Description de la méthodologie.....	29
2.3.1	Étape I : réunion de passage de porte.....	29
2.3.2	Étape II : Exécution d'une Métaheuristique multi-critères (MOAMP).....	36
2.3.3	Étape III : Méthode interactive.....	37
CHAPITRE III : EXEMPLE DIDACTIQUE		44
3.1	Introduction.....	44
3.2	Résultats obtenus	45
	Etape1 : Réunion de passage de porte (State Gate)	45
	Étape II : Exécution d'une Métaheuristique multi-critères (MOAMP).....	48
	Étape III : Méthode interactive.....	48
3.3	Conclusion.....	55
	Conclusion	57
ANNEXES.....		59
APPENDICE A : DONNEES DE DEPART		77
APPENDICE B : MATRICES DE L'APPLICATION NUMÉRIQUE		80
APPENDICE C : ÉQUATIONS – UTILISATION DE MATHEMATICA		84
APPENDICE D : DONNEES D'ENTREE ET DE SORTIE <i>MOAMP</i>		87
RÉFÉRENCES.....		90

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Maturité du contrôle des projets (Michelsen et al., 1999)	3
Figure 2: Modèle de travail de Archer et Ghasemzadeh (Archer et al., 1999)	5
Figure 3: Approche dynamique de la sélection de portefeuilles	9
Figure 4 : Part d'incertitude au cours du développement d'un projet	14
Figure 5. Approches possibles pour les méthodologies de PPS.....	15
Figure 6: Exemple d'arbre de décisions.....	17
Figure 7 : Arbre d'optimisation dynamique de scénarios (Gustafsson et al 1999)	18
Figure 8: Approche dynamique avec le modèle d'Archer et Ghasemzadeh	22
Figure 9 : Environnement de la méthodologie.....	25
Figure 10: Logigramme de la méthodologie.....	28
Figure 11 : Modèle Stage Gate de Robert R. Cooper.....	29
Figure 12 : Réussite d'un projet en fonction de son avancement dans Stage Gate	33
Figure 13 : Probabilités réajustées obtenues avec la fonction.....	34
Figure 14 : Exemple de carte de profil.....	38
Figure 15 : Processus de comparaison numérique	38
Figure 16 : Fonctions de préférence.....	42
Figure 17 : Pourcentage de réussite empirique des projets passant une porte	46
Figure 18 : Synthèse des scores des portefeuilles	51
Figure 19 : Carte de profil des portefeuilles.....	52
Figure 20 : Prométhée partielle.....	53
Figure 21 : Prométhée totale	53
Figure 22 : Comparaison du profil P1 et P4.....	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Décisions possibles sur les projets d'un portefeuille.....	13
Tableau 2: Typologies retenues pour notre méthodologie	22
Tableau 3 : Exemple de « Go/kill » décision	31
Tableau 4 : Actions possibles sur les projets	32
Tableau 6 : Go/Kill décision de la réunion des décideurs.....	45
Tableau 7 : Pourcentage de réussite des projets dans le processus Stage Gate.....	45
Tableau 8 : Probabilités de succès des projets actualisées	46
Tableau 9 : Contraintes strictes réajustées	47
Tableau 10 : Consommations des projets en terme de ressources	47
Tableau 11 : Portefeuilles obtenus par MOAMP	48
Tableau 12 : Perte sèche des portefeuilles	49
Tableau 13 : Variété des portefeuilles.....	49
Tableau 14 : Rendements des portefeuilles.....	50
Tableau 15: Score des portefeuilles	50
Tableau 16 : Stabilité du profil P1 et P4	54
Tableau 17 : Choix de P1 ou P4.....	55

INTRODUCTION

L'entreprise vise à obtenir la meilleure valeur ajoutée de l'exécution de ses différents projets. Si généralement cet apport est financier, il peut aussi être d'un autre ordre et la contribution des projets, et spécialement pour les projets de R&D, peut être scientifique ou encore sociale. Néanmoins, une entreprise possède des ressources qui sont limitées, qu'elles soient économiques ou matérielles, et cela contraint l'entreprise dans le nombre de projets pouvant être conduits simultanément. Cet ensemble constitue le portefeuille de projets de l'entreprise. De part la définition même d'un projet, qui est par nature, limité dans le temps, le portefeuille de projet est en constante modification au cours du temps. En effet, des projets arrivent à terme, tandis que d'autres sont arrêtés par les décideurs, ce qui libère des ressources dans le portefeuille pour réaliser de nouveaux projets.

Par ailleurs, le portefeuille de projets est à la fois dépendant et conditionné par son environnement (économique, matériel ou encore stratégique), ce qui lui impose d'être flexible et adaptable. C'est pour tenir compte de toutes ces considérations que le processus décisionnel de l'entreprise est alors mis à contribution périodiquement pour une nouvelle sélection de portefeuilles de projets. Ce processus constitue alors la sélection de portefeuilles de projets en dynamique et c'est à ce processus que notre recherche s'intéresse et pour lequel nous allons proposer une modélisation originale qui combine à la fois une métaheuristique et une méthode d'analyse multicritère.

CHAPITRE I : PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

1.1 La gestion de portefeuille de projets

1.1.1 Place de la gestion de portefeuilles

Dans les années 1980, le management de projet a connu un essor exceptionnel et un grand nombre d'entreprises ont adopté les principes et méthodes du management de projet. Les outils et méthodes du management de projet (WBS, Gantt, PERT, cadre logique,...) s'adressaient essentiellement aux projets pris individuellement. Avec le temps, le management de projet s'est imposé dans presque tous les secteurs d'activité : banque et assurance, informatique, secteur associatif, etc. Cependant, la quête de la productivité, l'accélération du développement des nouveaux produits et la course à l'innovation ont entraîné une augmentation du nombre et de la variété des projets à gérer simultanément, et cette complexification dans la gestion des projets ont requis l'utilisation de modèles de plus en plus complets. Ce n'est qu'au début des années 90 (Leroy, 2004) que la recherche va élargir ses investigations à l'ensemble des projets en cours au sein d'une organisation et que l'on va s'intéresser, outre la gestion performante de chacun des projets, au portefeuille de projets considéré comme une unité de gestion globale, aux interactions et relations entre chacun des différents projets, tant en relation avec leur environnement respectif qu'avec l'organisation permanente (Gareis, 1990; Turner, 1993). Partie intégrante des outils de pilotage stratégique des projets, la gestion de portefeuille de projets (GPP) ou *Project Portfolio Management* (PPM) est à la stratégie ce que le management de projet est à l'opérationnel.

La gestion de portefeuilles de projets s'inscrit dans une démarche de maturation de l'entreprise vers une gestion plus efficace et efficiente de l'ensemble de ses projets (figure 1) et aujourd'hui, de nombreuses organisations sont donc confrontées à ce

problème de sélection de projets et d'allocation des ressources pour construire un portefeuille de projets.

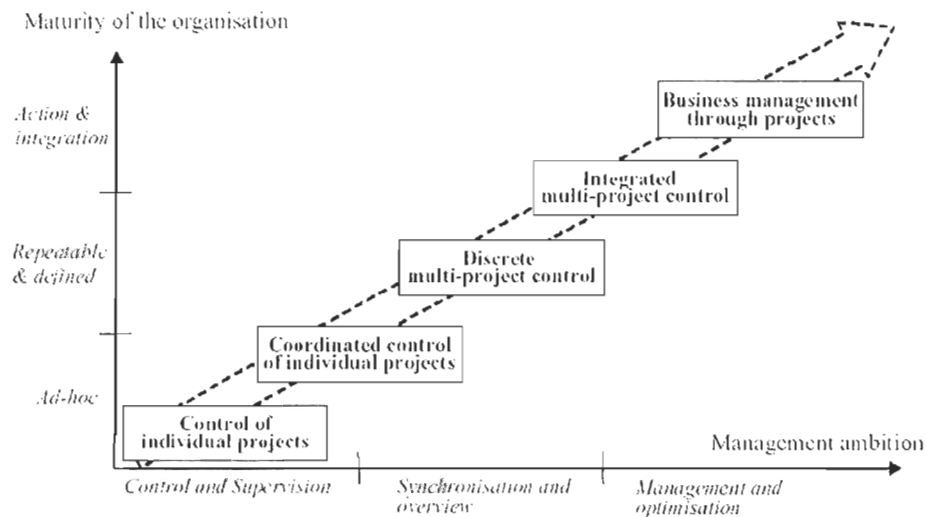


Figure 1: Maturité du contrôle des projets (Michelsen et al., 1999)

1.1.2 Objectifs de la gestion de portefeuilles

La gestion de portefeuilles de projets vise à ce que l'entreprise ne mène plus chaque projet indépendamment, mais qu'elle s'oriente vers une gestion centralisée d'un ou de plusieurs portefeuilles de projets. Elle consiste à identifier, évaluer et prioriser les projets mis en œuvre dans l'entreprise et ceci, grâce à un ensemble de méthodes visant à s'assurer que les projets que l'entreprise décide de mettre en place sont en accord avec ses objectifs stratégiques.

Une étude menée par Cooper et al. (1987) auprès de plusieurs entreprises a permis de mettre en évidence l'importance de la gestion de portefeuille de projets. Il en est ressorti trois raisons principales, qui sont les suivantes:

- Le succès du développement de nouveaux produits est essentiel pour toute organisation et la gestion de portefeuille de projets est requise pour s'assurer que les efforts engagés sont destinés aux meilleurs projets permettant ainsi un lancement réussi des nouveaux produits;
- Les projets, et plus particulièrement ceux de développement de nouveaux produits, sont les vecteurs les plus importants pour opérationnaliser la stratégie de l'entreprise;
- L'allocation des ressources est un facteur de plus en plus déterminant pour les organisations or c'est aussi l'un des éléments essentiels de la gestion de portefeuille.

Les auteurs concluent alors que les entreprises désireuses de générer des bénéfices ont tout intérêt à recourir à la gestion de portefeuille de projets. La gestion de portefeuille de projets comporte deux principaux processus, la sélection de projets et le pilotage de portefeuille de projets. Le processus de sélection et d'arbitrage entre les projets constitue une part importante dans la gestion portefeuilles de projets. Le processus de pilotage du portefeuille de projets met l'accent sur les méthodes nécessaires pour s'assurer que les projets soient enclenchés et bien réalisés. Dans cette étape, les décisions relatives à l'avancement et au suivi des projets dans le portefeuille (stop/go) doivent être supportées par un processus formalisé. Cette étape consiste ainsi à l'optimisation et à la dynamisation des portefeuilles de projets.

1.1.3 Modèles de gestion de portefeuilles

En gestion de portefeuilles de projets, plusieurs modèles ont été développés, on peut notamment citer ceux de Archer et Ghasemzadeh (1999), de Spradlin et Kutolosk et enfin de Cooper et al.(1998). Le modèle proposé par Archer et Ghasemzadeh (1999) se distingue des autres par une approche systémique asservie, c'est-à-dire que le bouclage du modèle lui permet d'être en constante adaptation avec son environnement.

1.1.4 Sélection de portefeuilles de projets

Les entreprises reçoivent généralement beaucoup d'idées de projets, mais ne peuvent pas toutes les concrétiser notamment parce que leurs ressources sont limitées financièrement, humainement ou encore matériellement.

C'est pourquoi elle est amenée à faire un tri entre les différentes propositions de projets afin de ne garder que les « bons projets ». C'est ce processus qui constitue la sélection de portefeuilles de projets.

Cooper a identifié 4 objectifs à la sélection de portefeuilles :

1. Maximiser la valeur du portefeuille.
1. Trouver le bon équilibre et la bonne combinaison de projets
2. Lier le portefeuille à la stratégie de l'entreprise,
3. Faire le bon nombre de projets

Cette étape de sélection des projets est probablement l'étape la plus importante de la gestion de portefeuilles, en consistant à sélectionner la bonne combinaison de projets aidant à atteindre la finalité de l'entreprise.

Le portefeuille sélectionné devra tenir compte des ressources qui lui sont allouées mais aussi de critères et de contraintes que l'entreprise aura décidé de prendre en considération.

Parmi les plus utilisées, on peut citer :

- L'alignement stratégique du projet (nombre d'objectifs rencontrés par ce projet)
- Risques sur les affaires de l'entreprise
- Ratio coût / bénéfices financiers
- Bénéfices intangibles

- Impact sur les opérations courantes
- Impact sur la clientèle

1.1.5 Difficultés liées à la pratique

La sélection de portefeuille de projets intéresse la communauté scientifique car il est impossible de répondre à ce genre de problème uniquement par la capitalisation d'expérience ou encore par de l'intuition. En effet, nous verrons par la suite que répondre à ce problème demande la prise en compte d'une quantité importante de paramètres et d'informations propres à l'entreprise mais également propre aux différents projets pris individuellement.

Pour Ghasemzadeh et al (1999), les principales difficultés liées à la sélection de portefeuilles de projets sont :

1. L'existence de critères multiples et conflictuels
2. L'existence de critères qualitatifs et quantitatifs.

Ces facteurs contribuent à la complexité du problème de sélection de portefeuille de projets car les projets sont évalués en termes de critères quantitatifs (valeur actuelle nette, ventes, part de marché) et de critères qualitatifs (niveau de risque, compétences du personnel, impact environnemental, impact social)

3. L'incertitude liée aux paramètres du projet comme le risque et le coût.
4. L'interdépendance des projets. (effets de synergie ou de cannibalisation)

Une analyse des projets pris isolément peut conduire à un biais envers les projets plus risqués ou à long terme (Graves et Ringuest, 1999).

5. La prise en compte des contraintes telles que le coût, la main d'œuvre et l'équipement dans le processus de prise de décision.

6. Le portefeuille devrait être équilibré en terme de risque et en temps de réalisation des projets.
7. Le nombre de portefeuilles envisageables est souvent énorme. Par exemple, s'il y avait 20 projets candidats dans une période de temps donné, le nombre portefeuilles à considérer considérées serait de 2^{100} .

1.1.6 Les différentes typologies de sélection

La pratique de sélection d'un portefeuille de projets fait intervenir cinq grandes considérations.

1. *Unicritère versus MultiCritère*

La décision d'entreprendre ou d'arrêter un projet réside dans l'analyse d'un ou plusieurs critères. Si la décision se fonde sur un seul critère, on parle de problème unicritère, si par contre la décision se prend sur l'analyse de plusieurs critères, il s'agit d'un problème multicritère.

2. *Certitude versus Incertitude*

Les données d'entrée du problème de sélection, et plus généralement dans la pratique de la gestion de projets sont par nature incertaines. Si on travaille en incertitude, il faut prendre en considération une variation possible des données du problème, ce qui impose de travailler non pas avec des valeurs finies mais plutôt avec des fonctions représentant l'étendue de la plage de données possibles.

3. *Interdépendance versus indépendance*

Ce critère marque la prise en compte ou non des interdépendances qui unissent les projets au sein d'un portefeuille, tant dans la consommation des ressources que dans la production de valeur ajoutée.

4. Attribution des ressources partielle versus totale

L'attribution partielle des fonds donne à un projet un certain pourcentage de son coût estimé au fur et à mesure de son avancement. Celui-ci peut ainsi être revu à la hausse ou à la baisse suivant la réalité d'exécution du projet ou encore être totalement supprimé suite à l'arrêt du projet.

5. Approche statique versus dynamique

Le problème de la sélection de portefeuilles de projets peut, selon H.Eilat, B.Golany et A.Shtub (2005), être décomposé en deux grandes familles: les problèmes statiques et les problèmes dynamiques.

Pour les problèmes dynamiques, il y a pour chaque processus de décision, d'un côté un ou plusieurs projets entamés qui sortent ou restent dans le portefeuille, et de l'autre un ensemble de projet candidats, c'est-à-dire susceptible de rentrer dans le portefeuille.

Si l'on s'intéresse uniquement au cas statique, on considère alors qu'au moment du processus décisionnels tous les projets sont candidats.

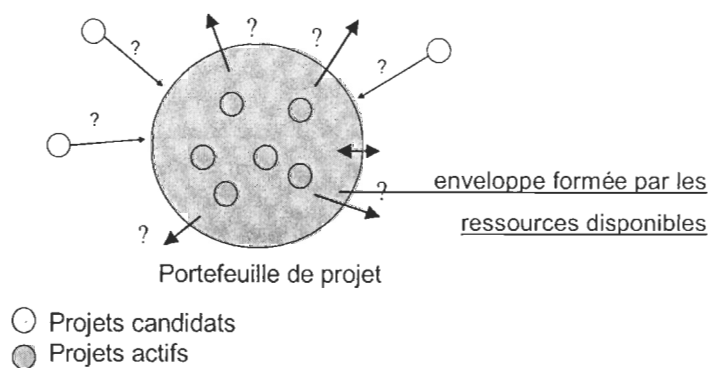


Figure 3: Approche dynamique de la sélection de portefeuilles

1.1.7 Modèles de sélection de portefeuilles

Les modèles décisionnels impliquent dans la plupart des cas des objectifs multiples (Ghasemzadeh et al., 1999). Il s'agit de trouver l'ensemble des projets permettant de générer le maximum d'extrants tout en consommant le moins d'intrant possible ou du moins consommées au maximum (c'est-à-dire inférieur ou égal) les ressources disponibles.

Ce processus décisionnel se retrouve dans la littérature sous l'appellation de Multiple Criteria Capital Budgeting ou encore MCC.

Il a été développé dans de multiples secteurs où les ressources sont réputées pour être particulièrement limitées, tels les hôpitaux (Focke et Stummer, 2003), la gestion forestière (Martell et al., 1998), la gestion de maintenance des routes (Robinson et al., 1998), les organisations industrielles (Stummer et Heidenberger, 2003; Thizy et al., 1996), ou encore en analyse financière (Spronk et Hallerbach, 1997; Zopounidis, 1999; Hallerbach et Spronk, 2002; Steuer et Na, 2003). Aussi, Fernez-Walch (2004) ont fait intervenir la notion de concurrence entre projets à la vue de leur hypothétique intégration au sein du portefeuille. Un portefeuille est ainsi vu sous l'angle « d'un ensemble de projets en concurrence ».

Cooper et al (1997) ont modélisé mathématiquement le portefeuille à sélectionner : « Étant donné $P = \{p_j, j=1, n\}$ l'ensemble des n projets retenus dans l'étape d'évaluation individuelle, $C = \{c_i, i=1, m\}$ l'ensemble des m critères d'évaluation de la performance des projets et PP^q une partie de P (i.e. un sous-ensemble parmi les 2^n parties de P), alors, l'étape de sélection d'un portefeuille de projets revient à rechercher le sous-ensemble PP^{q*} qui contribue le mieux à l'atteinte des objectifs associés aux critères retenus, tout en respectant les contraintes de ressources, voire de dépendance entre projets ».

Quant à la modélisation des interactions entre projets, celle-ci fait recours généralement au modèle développé par Schmidt (1993). Celui-ci est basé sur l'utilisation de matrices

d'interactions dont la diagonale représente la contribution du projet seul et les valeurs hors diagonale représentent les contributions dues à l'interaction entre le projet i et le projet j . Le principal atout de cette modélisation est que la valeur d'un portefeuille donné sur un critère donné n'est pas égale à la somme des valeurs des critères des différents projets mais dépend des couples de projets ainsi formés.

1.2 Les limites des modèles classiques de sélection de portefeuille de projets

La gestion de portefeuilles de projets est un processus de plus en plus reconnu par les entreprises et qui leur permet d'atteindre leurs visions et objectifs stratégiques. Malgré tout, dans le feu de l'action et la gestion courante de l'entreprise, des projets sont parfois entrepris sans analyse approfondie de leurs impacts sur l'ensemble du portefeuille de projet de l'entreprise. L'entreprise réussit quand même, bon an mal an, à livrer les projets et à plus ou moins atteindre les objectifs qu'elle s'était fixés. Plusieurs raisons fondamentales liées à la compétitivité de l'entreprise et à sa capacité interne à faire face aux imprévus justifient la formalisation du processus de sélection et de mise en priorité des projets de l'entreprise. D'une part, la rapidité d'évolution de l'environnement externe de l'entreprise diminue considérablement la marge d'erreur dans la sélection des projets. D'autre part, la capacité de l'entreprise à initier et à rendre à terme ses projets n'est pas illimitée. La haute direction se doit d'être continuellement en contact avec la gestion de son portefeuille, l'évaluation et le contrôle des projets en cours ainsi que la disponibilité des ressources pour mener à terme ces projets.

1.2.1 Limite du cas statique

L'inconvénient du cas statique est la suivante; les entreprises constituent généralement plusieurs portefeuilles, qui regroupent les projets de natures stratégiques

similaires. On remarque que pour la majorité des entreprises, les projets peuvent être regroupés sous une de ces grandes catégories :

- Opportunités stratégiques
- Maintien de l'infrastructure technologique
- Gain de productivité
- Obligations réglementaires

Le cas statique permet de constituer le portefeuille de l'entreprise lors de l'implantation d'une politique de gestion de portefeuilles. Afin de pouvoir utiliser ce cas une autre fois, il faut attendre que le portefeuille soit vide, c'est-à-dire qu'il n'y ait plus de projets actifs dans celui-ci.

Entre les 2 moments, un problème important se pose car, une fois le portefeuille constitué, le cas statique ne permet plus d'intégrer de nouveaux projets au portefeuille existant. Or une entreprise reçoit constamment de nouvelles propositions de projets. Les seules alternatives qui s'offrent alors à celles-ci sont les suivantes :

1. Gérer les nouveaux projets indépendamment. Dans ce cas, on néglige leurs impacts sur les portefeuilles existants.
2. Constituer un nouveau portefeuille avec les projets candidats. Dans ce cas, le nombre de portefeuilles peut augmenter considérablement et ainsi :

-Augmenter le risque d'interactions néfastes entre les différents portefeuilles.

-Augmenter les coûts de gestion

-Diminuer la vision globale de la gestion de portefeuilles.

C'est pour toutes les raisons évoquées ci-dessus que les entreprises ont plutôt intérêt à limiter le nombre de portefeuilles.

1.2.2 Avantage du cas dynamique

A) Un Support décisionnel complet

Contrairement au cas statique dont les limites ont été précédemment soulignées, la sélection dynamique de portefeuilles permet de visualiser l'impact des projets candidats sur le portefeuille existant. Pour cela, l'approche dynamique ne se contente pas seulement en la sélection des projets qu'il faudra lancer mais elle est le support décisionnel pour d'autres actions. Entre autres, elle permet au décideur de décider et d'arbitrer sereinement, communiquer sur le fait de partager les ressources, « tuer » ou différer à tout moment un projet (en maîtrisant toutes les conséquences), faire entrer dans un portefeuille des nouveaux projets et ainsi savoir limiter le nombre de portefeuilles coexistant.

Faire entrer dans le portefeuille	Lancer
Faire sortir du portefeuille	Tuer
Transformer/Combiner	Arrêter (une reprise est possible) Fusionner les projets Accélérer les projets Ralentir certains projets

Tableau 1: Décisions possibles sur les projets d'un portefeuille

B) Ajustement des données d'entrée au fil du développement des projets

Un autre avantage de l'approche dynamique est également de pouvoir réajuster les données du problème au cours du temps. En effet, l'asservissement du modèle donne au décideur la possibilité d'affiner la valeur des données concernant les projets entamés et

reflète ainsi la diminution de l'incertitude caractérisant un projet au fil de son développement.

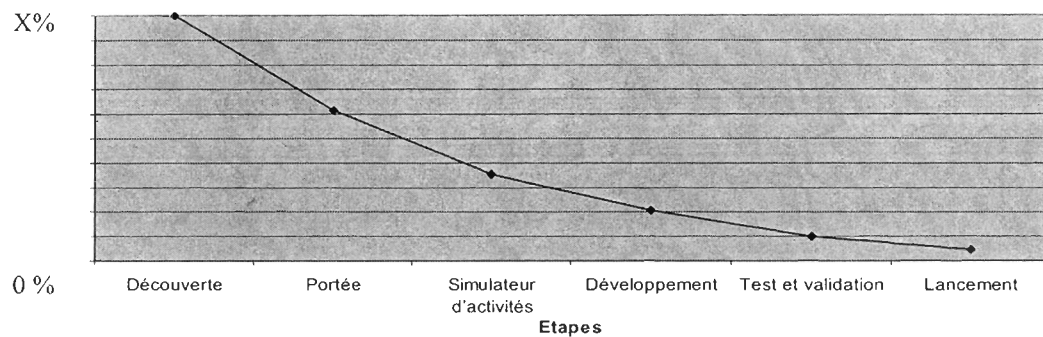


Figure 4 : Part d'incertitude au cours du développement d'un projet

1.3 Les modèles dynamiques de sélection de portefeuille de projets

a) Problème de sélection au sens large

On peut distinguer deux grandes approches possibles au problème de sélection de portefeuilles de projets.

Dans la première approche, on procède tout d'abord à une analyse individuelle des projets, à partir de seuils sur les critères, et on réduit ainsi le nombre de projets pour la phase suivante. On peut recourir par exemple à Electre-tri ou à une autre méthode de tri multicritère. (Electre-tri et ILP (Mavrotas et al., 2003), AHP et IGP (Lee et Kim, 2001)). Dans une seconde étape, soit on conserve l'ensemble de tous les critères de sélection du projet soit on les agrège.

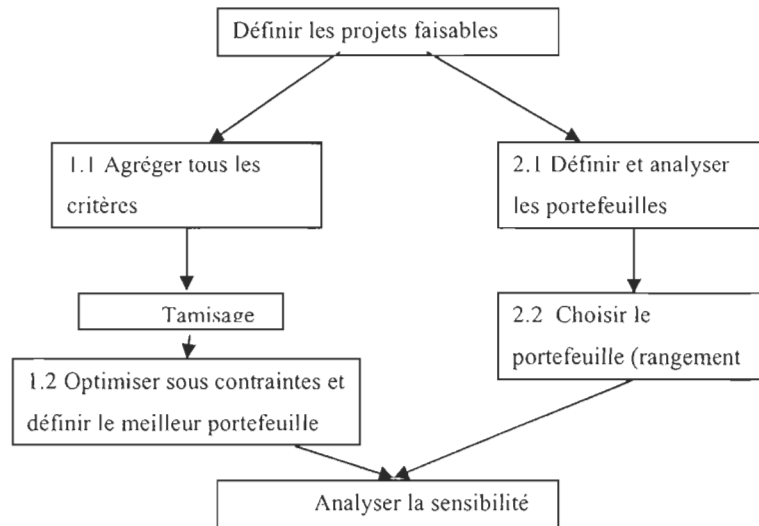


Figure 5. Approches possibles pour les méthodologies de PPS

Quant à la seconde approche, elle ne fait aucune supposition sur les préférences des décideurs et consiste alors à déterminer l'ensemble de tous les portefeuilles efficaces (non dominés), puis à explorer les portefeuilles efficaces afin de faire un choix ou un rangement de ceux-ci. La technique du 'branch-and-bound' peut représenter une approche possible (Eilat et al., 2005), mais a pour limite le nombre de projets retenus dans cette étape. En effet, dans un cas où l'on aurait N projets, il y aurait (2^N) portefeuilles différents à évaluer et donc, à partir d'un certain nombre de projets, cette approche devient lourde et alors le recours aux métaheuristiques apparaît intéressant.

b) Problème de sélection en contexte dynamique

Il reprend le problème général de la sélection mais impose de pouvoir générer des portefeuilles dans différentes phases du temps, c'est-à-dire aux différents stades d'avancement d'un projet.

Les différents modèles utilisés en sélection de portefeuilles sont, dans la pratique, abordé par le recours à des méthodes ad'hoc de gestion de portefeuille comme le 'stage-gate' de Cooper et al. (1997). C'est-à-dire qu'un projet peut être bloqué à différente phase de son développement.

Ce processus a été mis en application à travers différentes méthodologies telles les arbres de décisions, l'analyse de scénarios, ou encore le recours à la programmation linéaire.

1.3.1 Arbre de décisions

Dans la littérature, l'aspect dynamique, c'est-à-dire la prise en compte de plusieurs périodes de temps a généralement été modélisée par des arbres de décisions ou d'options.

Le but des algorithmes produisant des arbres de décision, est de répartir une population d'individus (ici les portefeuilles de projets) en groupes homogènes, selon un ensemble de variables discriminantes (par exemple le rendement, le risque, l'homogénéité ...) en fonction d'objectifs fixés et connus (Extrants économique, scientifique, social ...). Il s'agit ensuite de prédire avec le plus de précision possible les valeurs prises par la variable au cours des différentes périodes.

Les avantages de cette méthode sont dus en grande partie à ses caractéristiques :

1. Lisibilité du modèle de prédiction (l'arbre de décision). Cette caractéristique est très importante, car le travail de l'analyste consiste aussi à faire comprendre ses résultats afin d'emporter l'adhésion des décideurs.
2. Capacité à sélectionner automatiquement les variables discriminantes dans un fichier de données contenant un très grand nombre de variables potentiellement intéressantes. En ce sens, un arbre de décision constitue une technique exploratoire privilégiée pour appréhender les gros problèmes comme la sélection dynamique de portefeuilles.

On peut notamment citer :

- Faulkner, 1996

- Hansen *et al*, 1999
- Sharpe and Keelin, 1998
- Gustaffson *et al*, 1999

Dans le modèle de Gustaffson *et al* (1999), les projets sont d'abord modélisés par des arbres de décisions et par la suite en découle les paramètres utilisés dans un programme linéaire. Dans ce cas, les nœuds de l'arbre sont alors traduits en une ou plusieurs variable binaire (de type 0/1) qui dépend du nombre de choix possible au sein de ce nœud. Dans un cas typique de deux choix possibles (continuer ou non un projet entamé, faire rentrer ou non un projet candidat dans le portefeuille), une variable de type 0/1 suffit.

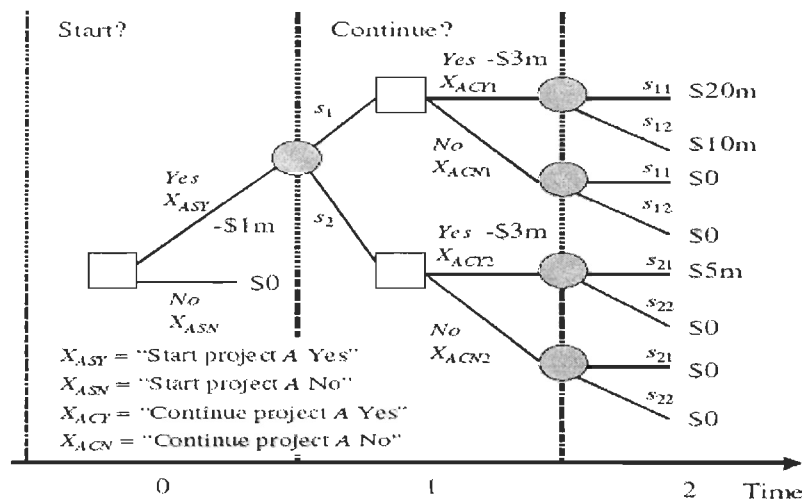


Figure 6: Exemple d'arbre de décisions (Gustafsson J, Anti Salo, Contingent portfolio programming for the management of risky project).

1.3.2 Optimisation dynamique de scénarios

Elle est basée sur l'analyse de scénarios. Cette méthode permet de générer tous les scénarios possibles au cours des différentes périodes considérées. L'approche est similaire aux arbres de décisions, mais sa programmation au sein d'un programme

linéaire est différente. En effet, elle fait intervenir des variables discrètes, contrairement au cas précédent qui faisait intervenir des variables continues.

On peut notamment citer l'utilisation de ce modèle dans les travaux de Bunn et Salo (1993).

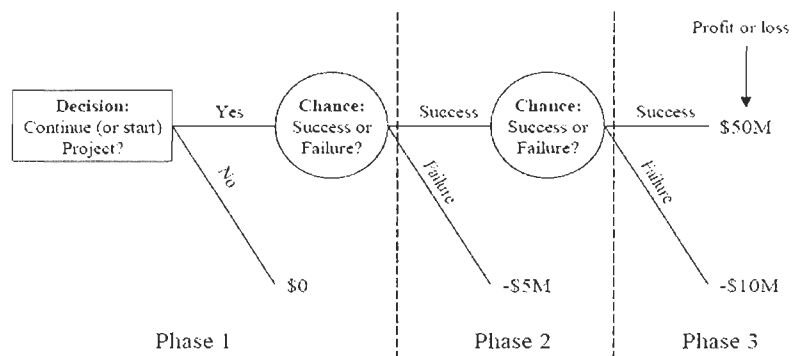


Figure 7 : Arbre d'optimisation dynamique de scénarios (Gustafsson et al 1999)

Nous venons de voir que dans les deux approches précédemment utilisées, la programmation linéaire a été utilisée indirectement par le biais d'arbre de décisions ou de scénarios pour la résolution du problème de sélection de portefeuilles en dynamique. Une autre approche consiste en son utilisation directe.

1.3.3 Programmation linéaire

Traiter le problème de sélection de portefeuilles en dynamique consiste à organiser l'exécution d'un ensemble de projets soumis à des contraintes de ressources (financière, matérielle) et ce dans un laps de temps donné (un projet est par nature limité dans le temps). Au sein de ce type de problème, la programmation linéaire est un outil puissant de résolution particulièrement bien adapté.

Le terme programmation linéaire suppose que les solutions à trouver doivent être représentées en variables réelles.

Or le choix de faire entrer ou sortir un projet du portefeuille est un problème « 0,1 » par nature. (Rentrer ou ne pas faire rentrer un projet candidat, sortir ou ne pas faire sortir un projet entamé). C'est pourquoi le problème de sélection de portefeuilles utilise des variables discrètes dans la modélisation du problème, on parle alors plus précisément de programmation linéaire en nombres entiers.

Il est important de savoir que ces derniers sont nettement plus difficiles à résoudre que les ceux à variables continues. Cependant, pour les raisons évoquées précédemment, la plupart des théories et des méthodes développées pour résoudre le problème de sélection de portefeuilles en dynamique ont été traités en programmation linéaire en nombres entiers.

Parmi les écrits utilisant cette méthode on peut notamment citer :

- Gear and Lockett, 1973
- Heidenberger, 1996
- Ghasemzadeh et al., 1999

Suite à leurs travaux en dynamique en utilisant l'approche de programmation linéaire de nombre entier, Ghasemzadeh et al (1999) ont posés les axes de recherche suivant :

1. Leur modèle suppose que la quantité de risque pour chaque projet est déterminée. La mesure du risque de chaque projet est un enjeu majeur pour la sélection de portefeuilles et c'est pourquoi trouver une méthode pour évaluer de manière pertinente ce risque est un axe de réflexion important.

2. Une autre question principale est l'échec des techniques traditionnelles d'optimisation dans les problèmes de choix du portefeuille de projet. C'est-à-dire, les algorithmes ne devraient pas fournir des solutions sans tenir compte du jugement, de l'expérience, ainsi que de la perspicacité des décideurs.
3. Le choix de portefeuille de projet devrait être considéré comme un procédé qui inclut différents acteurs. Recourir à une interaction continue entre le système et les décideurs durant toutes les phases de sélection de portefeuilles est importante pour les raisons suivantes :

- C'est extrêmement difficile de formuler explicitement à l'avance toutes préférences du décideur

- La participation des décideurs dans le procédé de choix motive indirectement sur l'exécution et par ce fait sur la réussite des projets choisis

- La prise de décision interactive a été acceptée comme manière la plus appropriée d'obtenir les préférences correctes des décideurs. (Mukherjee, 1994)

En résumé, les méthodes décrites ci-dessus tiennent compte de l'interdépendance des projets en terme de ressource et de leur limitation sur plusieurs périodes mais aucune d'entre elles ne fournit une solution à la fois simple, complète, et en interactivité avec le décideur pour répondre au problème que soulève la sélection de portefeuilles en dynamique.

CHAPITRE II : PROPOSITION D'UN NOUVEAU MODÈLE DYNAMIQUE DE SÉLECTION DE PORTEFEUILLE DE PROJETS

2.1 Introduction

La méthodologie que nous proposons tient compte des remarques soulevées précédemment par la revue de littérature :

1. Travailler en dynamique,
2. Trouver une méthode pour réévaluer le risque (Ghasemzadeh)
3. Impliquer le décideur dans la décision. (Mathieu, Gibson ainsi que Mukherjee)
4. Permettre une variété dans le portefeuille (Cooper)
5. Prendre en compte les interactions entre projets (Cooper et Ghasemzadeh)

La réalité des projets repose sur une quantité importante de critères, l'aspect multicritère est donc inévitable. Nous avons vu les intérêts majeurs d'une approche dynamique de sélection des portefeuilles. C'est pourquoi, pour notre méthodologie, l'aspect dynamique est au cœur du problème de recherche. Aussi, il est à noter que la certitude et l'attribution totale des ressources constituent des simplifications du modèle.

Unicritère	Multicritère
Statique	Dynamique
Certitude	Incertitude
Interdépendance entre les projets	Non
Partielle	Totale

Tableau 2: Typologies retenues pour notre méthodologie

L'utilisation du modèle proposé par Archer et Ghasemzadeh (1999) convient tout à fait à la conception d'une méthodologie en approche dynamique de la sélection de portefeuilles de projets.

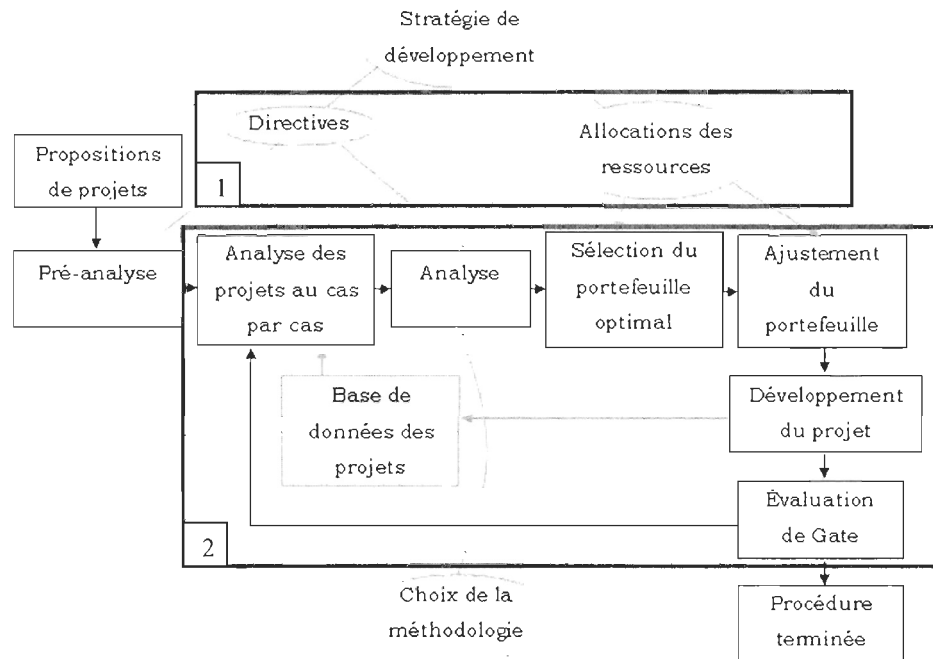


Figure 8: Approche dynamique avec le modèle d'Archer et Ghasemzadeh

Sur la figure ci-dessus, nous pouvons remarquer les éléments encadrés pris en compte en dynamique contrairement au cas statique (bouclage et réallocation des ressources au cours du temps). C'est pourquoi il est à souligner que les éléments suivants seront au cœur de notre méthodologie en approche dynamique :

- La mise à jour de l'allocation des ressources ainsi que des directives (encadré 1)

- Le processus d'évaluation stage gate (Bouclage du modèle) ainsi que la mise à jour de la base de données des projets. (encadré 2)

2.2 Présentation de la méthodologie

2.2.1 Finalité de la méthodologie

La méthodologie de sélection de portefeuilles proposée dans le présent mémoire a pour finalité d'être un outil d'aide à la décision à la fois simple et complet pour le décideur. Conformément aux objectifs fixés par la présente méthodologie, celle-ci prendra en compte :

- L'interaction entre les projets
- Le réajustement du risque au cours du temps
- Le réajustement des ressources disponibles au fil du temps.
- L'avancement des projets dans le processus Stage Gate
- L'interaction avec le décideur à travers le choix de différents critères caractérisant la performance du portefeuille.

Le but est de proposer au décideur un ensemble de portefeuilles efficaces, c'est-à-dire non dominés et classés suivant un ensemble de critères préalablement établis. L'aspect dynamique est bien évidemment au cœur du processus et permet au décideur de prendre des actions sur les projets existants (Continuer, Sortir du portefeuille ou mettre en Pause) ou encore de prendre des actions sur les projets candidats (Rentrer dans le portefeuille, abandonné ou attendre).

Le décideur peut ainsi choisir son portefeuille sur des bases préférentielles puisque tous les portefeuilles proposés seront efficaces et leur aptitude à répondre aux différents

critères mesurés. Il permet d'être un support à la décision pour le management du portefeuille ou soumettant les propositions suivantes :

a) Pour les projets existants :

- **Garder** le projet dans le portefeuille (Continuer)

- **Sortir** le projet du portefeuille (Tuer)

- Au gré du décideur de mettre le projet en **pause** s'il est sorti du portefeuille. (C'est-à-dire en continuant à le soumettre à la méthodologie aux cours des prochaines sélections de portefeuilles).

b) Pour les projets candidats :

- **Rentrer** le projet dans le portefeuille (Lancer)

- **Ne pas rentrer** le projet dans le portefeuille (Arrêt de la proposition)

- Au gré du décideur de mettre le projet en **Stand by** s'il n'est pas retenu. (Continuer à le soumettre à la méthodologie aux prochaines sélections)

2.2.2 Environnement de la méthodologie proposée

Une nouvelle sélection du portefeuille de projets est effectuée à intervalle régulier lors de chaque réunion de passage de porte. Lors de celle-ci, des projets candidats rentrent, des projets entamés progressent dans le processus Stage Gate, d'autres au contraire seront arrêtés ou mis en pause par la méthodologie. La considération stratégique allouée au portefeuille est quant à elle décrite par les actions possibles suivantes :

- L'enveloppe d'argent à réinjecter dans le portefeuille est choisie par les décideurs à chaque réunion.

- De même, l'allocation de la force de travail affecté au portefeuille peut-être redéfinie à tout moment.

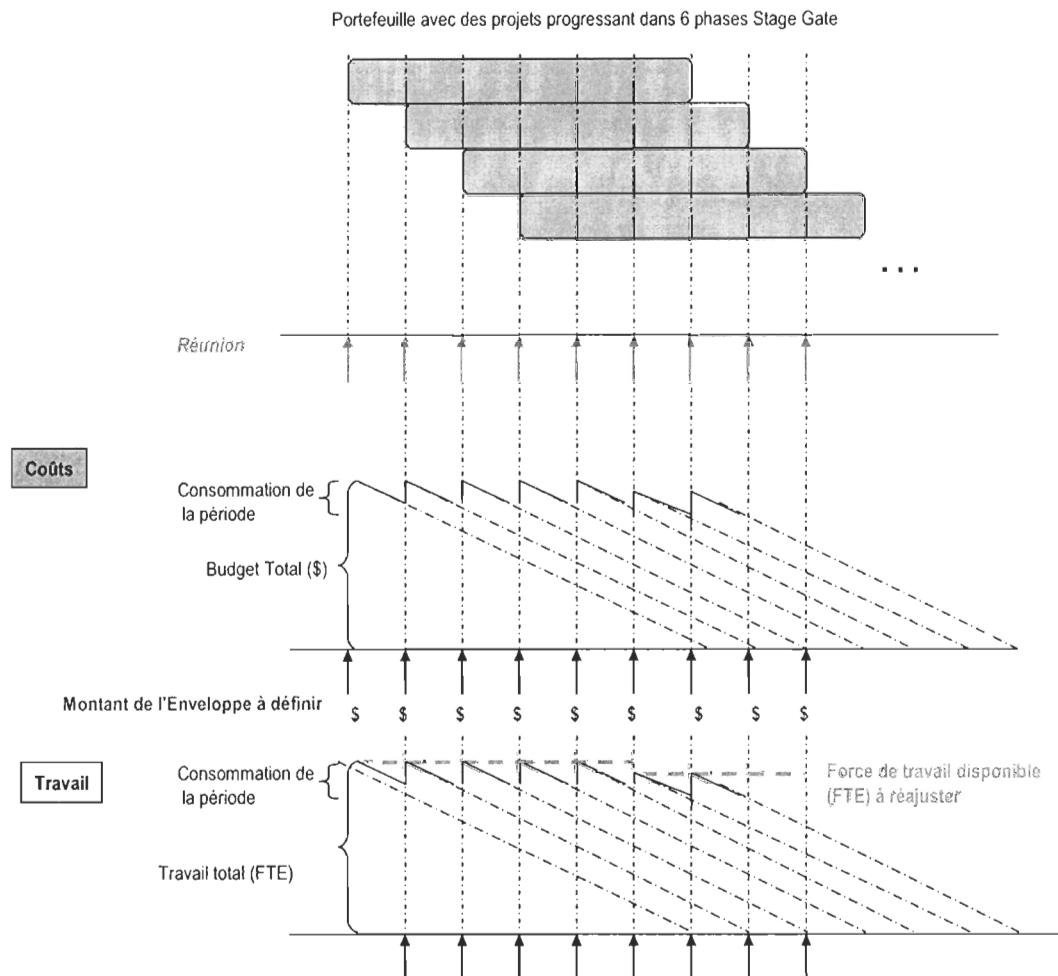


Figure 9 : Environnement de la méthodologie

Le portefeuille s'adapte ainsi automatiquement à la stratégie de l'entreprise à un moment choisi. On peut de ce fait parler de flexibilité du portefeuille à son environnement. Aussi, si l'entreprise décide de diminuer ou au contraire d'augmenter

les ressources du portefeuille (enveloppe budgétaire et/ou force de travail allouée), le nombre de projets contenus dans celui-ci va automatiquement s'adapter et ainsi répondre aux contraintes de coût et de force de travail qui lui sont conférées pour la période de temps donnée. On peut ainsi parler d'adaptabilité du portefeuille à son environnement.

2.2.3 Présentation des étapes de la méthodologie

Cette méthodologie intègre différents outils permettant au décideur de prendre des décisions dans plusieurs étapes du processus. Nous prendrons comme hypothèse principale que les critères utilisés pour les projets candidats seront les mêmes que pour les projets contenus dans le portefeuille existant. La méthodologie s'effectue en 3 phases distinctes :

Etape1 : Réunion de passage de porte (State Gate)

La méthode du passage d'étape de Robert G. Cooper a été conçue pour rendre le développement de nouveaux produits plus efficaces. L'efficacité de cette méthode en gestion de portefeuille de projet n'est aujourd'hui plus à démontrer et elle s'inscrit d'ailleurs dans le modèle de sélection de portefeuilles proposé par Archer et Ghasemzadeh. (Cf Figure 2).

a) Go/Kill décision

Durant ce processus, le décideur a le pouvoir d'arrêter un projet et donc de le sortir du portefeuille pour des raisons uniquement liés au projet lui-même. La décision d'arrêter un projet n'est pas contestable si tel est la volonté des décideurs. Par contre la volonté de démarrer un nouveau projet sera confortée ou réfutée par la méthodologie, tout comme l'arrêt d'un ou plusieurs projets dominés par des projets candidats.

b) Réévaluation des paramètres :

C'est ici que les différents paramètres (Coût restant, Travail restant) sont réévalués. L'enveloppe à réinjecter, tout comme la force de travail disponible est redéfinie par les décideurs. Enfin les paramètres et les interactions des projets candidats sont établis. Cette étape s'appuie sur la mise à jour de la base de données des projets, également contenu dans le modèle de Archer et Ghasemzadeh. (Cf. Figure 2).

Étape 2 : Exécution d'une métaheuristique multicritères

Elle permet, à partir des données recueillies à l'étape 1, de proposer l'ensemble des portefeuilles efficients, c'est-à-dire efficaces (répondants aux contraintes) et aussi non dominés.

Étape 3 : Méthode interactive

L'étape précédente ne sert pas à comparer entre eux les portefeuilles proposés. C'est pourquoi l'emploi d'un outil d'aide à la décision multi-critères sera ici employé, (Electre Tri, Promethee) afin de tenir compte des préférences du décideur et ainsi de ne lui proposer qu'un nombre restreint de portefeuilles, préférables aux vues des critères retenus.

En résumé, la finalité des 3 étapes est le choix par le décideur d'un portefeuille efficient et préférable.

2.2.4 Logigramme de la méthodologie

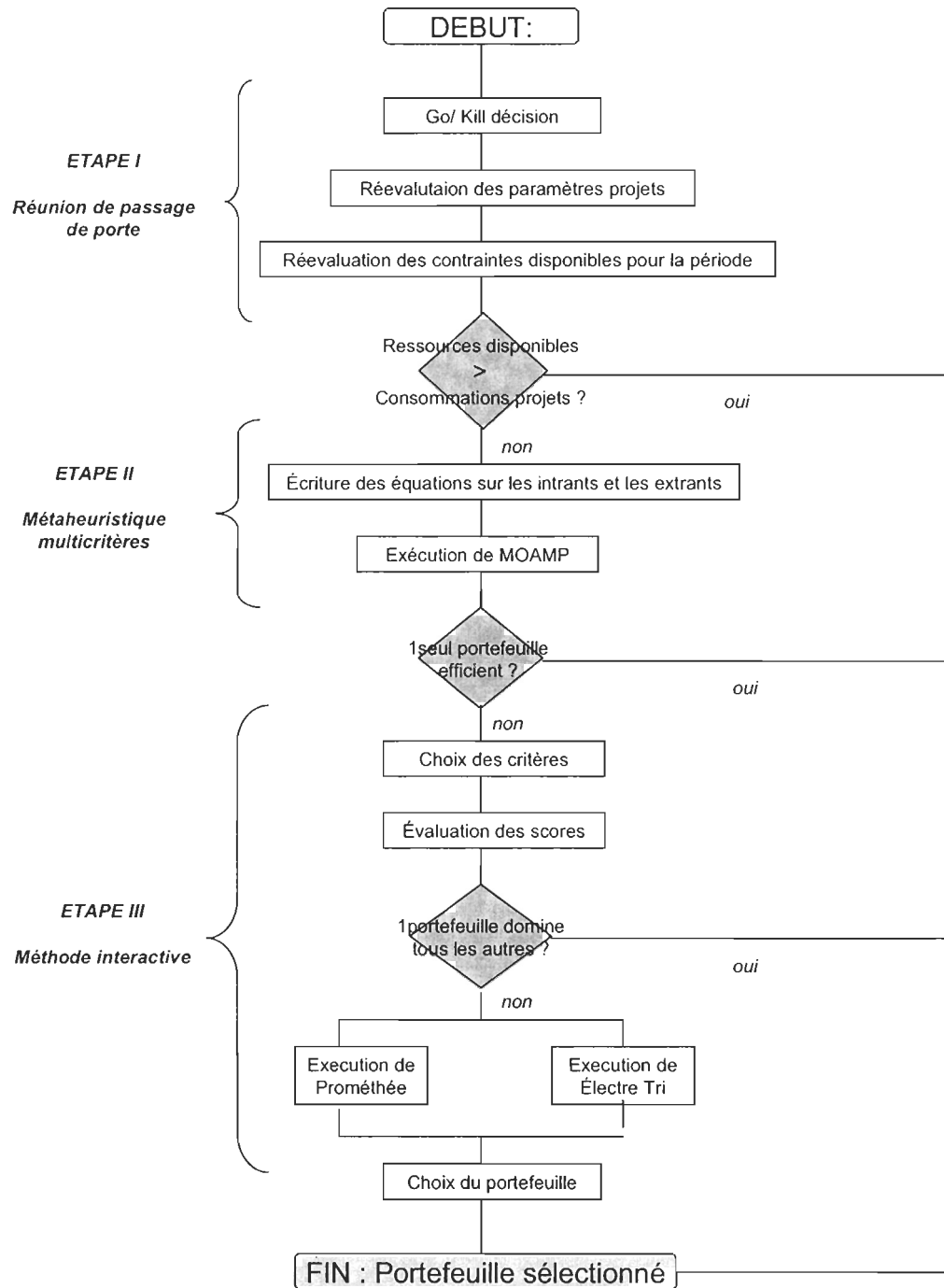


Figure 10: Logigramme de la méthodologie

2.3 Description de la méthodologie

2.3.1 Étape I : réunion de passage de porte

A) Introduction au Stage Gate

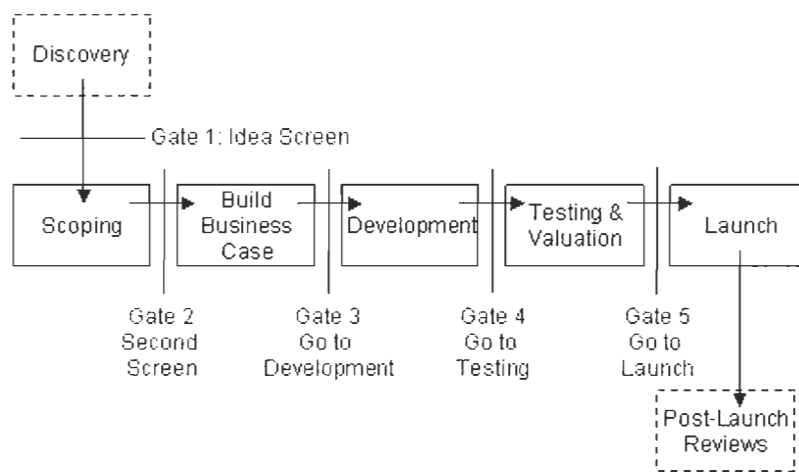


Figure 11 : Modèle Stage Gate de Robert R. Cooper

La méthode du passage d'étape (Stage Gate) de Cooper est une approche qui permet de gérer le processus de nouveaux produits, depuis l'idée de lancer un produit, jusqu'à sa commercialisation à travers un certain nombre d'étapes.

Étape 1 : Découverte. Le processus de passage d'étape est précédé par une étape de découverte, qui a été ajoutée dans une version postérieure du modèle originel qui avait seulement 5 phases. Il contient le pré-travail conçu pour découvrir de nouveaux projets. Cette étape est validée par le passage de la porte 1.

Etape 2 : Portée. C'est une recherche préliminaire sur chaque projet. Elle fournit des informations peu coûteuses. Cette étape est validée par le passage de la porte 2.

Etape 3 : Simulateur d'activités. Cette étape est caractérisée par une recherche beaucoup plus détaillée que la recherche technique préliminaire. Il inclut la définition du produit, une justification de produit et un planning de projet détaillé. Cette étape est validée par le passage de la porte 3.

Etape 4 : Développement. Il s'agit d'une conception et d'un développement détaillé du nouveau produit, avec quelques essais simples du produit. Un plan de production et un plan de lancement sur le marché sont développés. Cette étape est validée par le passage de la porte 4.

Etape 5 : Test et validation. Lors de cette étape, les essais du produit sont étendus sur le marché et doivent être concluants. Cette étape est validée par le passage de la porte 5.

Etape 6 : Lancement. Cette étape marque la fin du processus Stage Gate. Elle marque le début de pleine production et ainsi du lancement sur le marché du nouveau produit.

B) Go/Kill décision

C'est la première interaction de la méthodologie avec les décideurs et c'est aussi elle qui permet de relancer le processus de sélection à chaque réunion en libérant de la place pour les projets candidats (en complément des projets arrivant naturellement à terme). Elle a lieu durant la réunion de passage de porte, qui est généralement effectuée mensuellement ou trimestriellement selon l'entreprise. La décision de franchir une porte ou de ne pas franchir une porte est propre au décideur et n'est en rien influençable, ni d'ailleurs influencée par la méthodologie proposée.

Projet	Etape en cours	Passage de porte	Porte Franchie	Action
w	<i>Découverte</i>	1	oui	-
x	<i>Développement</i>	4	oui	-
y	<i>Simulateur d'activités</i>	3	non	Arrêt
z	<i>Test et validation</i>	5	oui	-
...				

Tableau 3 : Exemple de « Go/kill » décision

- **Intrants du go/kill décision**

Les décisions décrites ci-dessus nécessitent de récupérer un certain nombre de données sur les projets pris individuellement afin de prendre des décisions par rapport à des éléments objectifs, mesurés et quantifiables afin d'éviter les jugements subjectifs. C'est pourquoi pour une prise de décision rationnelle il serait préférable de récupérer de la base de données des projets :

- Pour les projets entamés, toutes les informations pertinentes à la décision aux yeux du décideur telles les paramètres issus de la planification opérationnelle (CBTP, CBTE, CRTE, IPC, IPD, IPQ ou autres ...).

- Pour le lancement d'un nouveau projet, les paramètres de bases issus de la phase de pré-travail (risque à priori, contributions apportées ainsi que ressources consommées)

Chaque projet devra être étudié séparément par le comité et la décision, prise par consensus.

- **Extrants du go/kill décision**

La finalité de cette étape est une prise de décision sur chaque projet pris individuellement. Il en ressort différentes actions possibles sur les projets entamés.

Faire sortir du portefeuille	Tuer
Transformer/Combiner	Arrêter (une reprise est possible) Fusionner les projets Accélérer les projets Ralentir certains projets

Tableau 4 : Actions possibles sur les projets

C) Réévaluation des paramètres :

C'est l'étape clé du processus de sélection en dynamique (bouclage du modèle). Elle permet de tenir compte de la variation des paramètres au cours du temps et ainsi le réajustement du modèle entre chaque prise de décision. Elle s'appuie sur une base de données projets mise à jour lors de la réunion de passage de porte.

▪ **Réévaluation des probabilités de réussite des projets entamés :**

Elle permet de tenir compte de l'avancement des projets dans le processus Stage Gate. Ainsi un projet avec une faible probabilité à priori, progressant dans le processus Stage Gate aura possiblement les mêmes chances de rester dans le portefeuille face à un projet candidat à haute probabilité de succès à priori. Leurs apports dans les contributions et interactions dans le portefeuille feront bien évidemment la différence par la suite mais l'égalité des chances au départ, légitimé par l'avancement du projet dans le processus est établie. Elle est basée sur l'expérience propre de chaque entreprise. La donnée empirique servant de base à la réévaluation est le pourcentage de réussite des projets de l'entreprise en fonction de la porte franchie.

Soit $P(1) = \alpha$, $P(2) = \beta$, $P(3) = \gamma$, $P(4) = \delta$, $P(5) = \epsilon$

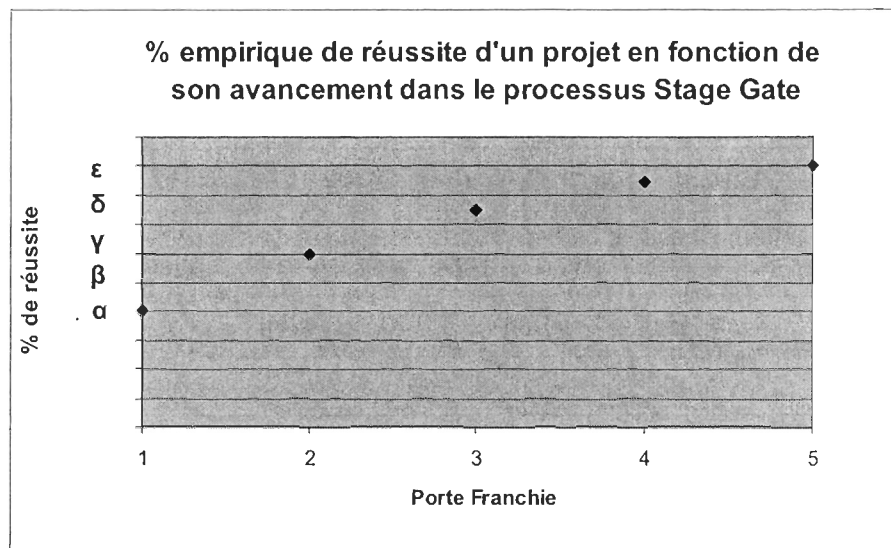


Figure 12 : Réussite d'un projet en fonction de son avancement dans Stage Gate

Fonction mathématique proposée en fonction des données empiriques

Soient : $X \in \mathbb{R} [0,1]$ et $\text{Porte} \in \mathbb{N} [1,5]$

y = probabilité réévaluée

x = probabilité à priori

$y(x)$ la fonction discontinue de réévaluation de la probabilité de réussite en fonction des valeurs empiriques (de paramètre porte) :

$$y(x) = x + (1-x) * P(\text{porte})$$

Avec ici :

$$P(1) = \alpha, P(2) = \beta, P(3) = \gamma, P(4) = \delta, P(5) = \epsilon$$

Le facteur $(1-x) * P$ (porte) correspond à la part d'incertitude a priori * probabilité empirique de réussite à la porte franchie et matérialise l'augmentation de la réussite des projets au cours de Stage Gate. Une représentation graphique de la fonction en 2D et 3D ainsi que la table de calcul est disponible en annexes 1, 2 et 3.

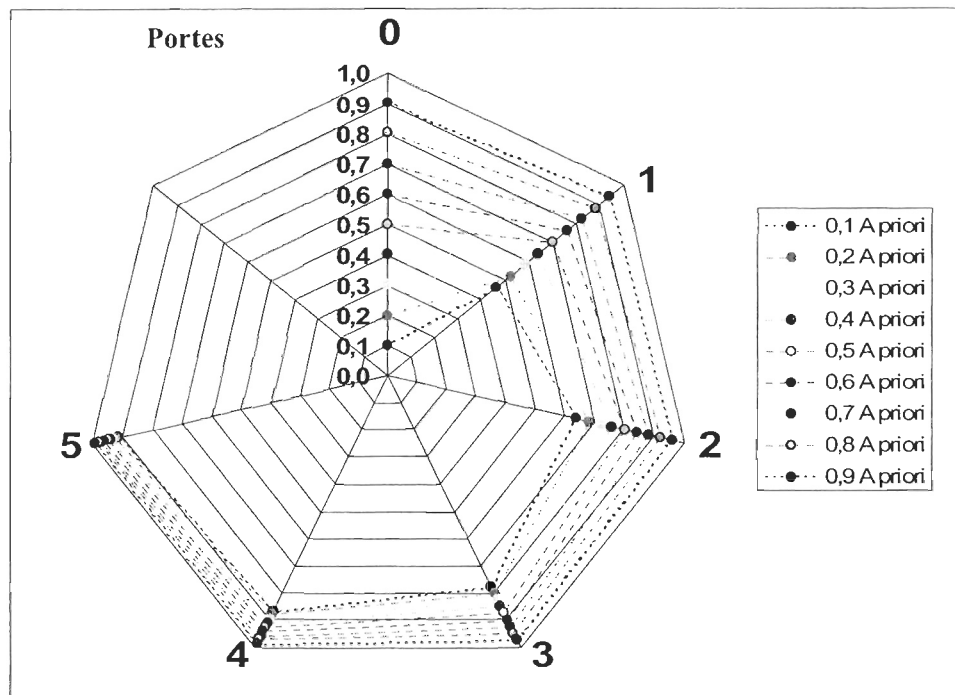


Figure 13 : Probabilités réajustées obtenues avec la fonction.

Intrants /Extrants de la présente étape :

Les intrants de l'étape sont la probabilité à priori ainsi que la porte franchie par le projet défini lors de la réunion de passage de porte (Cf. étape 1).

L'extrant est la probabilité ajustée.

▪ Réévaluation des intrants des projets entamés :

Cette étape permet de définir et de prendre en compte le reste à faire réel en terme de consommation des ressources.

Calcul du Coût restant à fortiori de chaque projet entamé (en k\$)

Coût restant à fortiori = Coût restant à priori +/- révision des prévisions

Calcul du Travail restant à fortiori de chaque projet entamé (en FTE)

Travail restant à fortiori = Travail restant à priori +/- révision des prévisions

Le gabarit de tableau à renseigner est disponible en annexe 4.

▪ **Ajustement des contraintes disponibles (enveloppe budgétaire et force de travail).**

Il s'agit de fixer pour le portefeuille, pour la période de temps considéré, c'est-à-dire jusqu'à la réunion suivante, quelle enveloppe réinjectée, ainsi que les forces de travail qui lui sont allouées. Cette étape permet de réajuster le budget ainsi que la force de travail disponible jusqu'à la prochaine réunion. Ainsi, le portefeuille s'adapte à une modification du budget ou de la force de travail disponible ou alloué par le décideur pour celui-ci au cours du temps.

- **Enveloppe (en K\$)**

Enveloppe (En k\$) = Ancien Budget – Argent consommé par les projets (Somme des coûts dépensé depuis dernière réunion) + Nouvelle enveloppe

- **Force de travail disponible (en FTE)**

Force de travail (En ETS) = Force de travail mise a disposition pour le portefeuille sur la période.

▪ **Extrants des étapes précédentes :**

Soit x les projets entamés et y les projets candidats. Il est alors possible pour tous les projets entamés d'établir les matrices des intrants et des extrants. (Cf. annexes 4,5,6).

2.3.2 Étape II : Exécution d'une Métaheuristique multi-critères (MOAMP)

A) Introduction

Il s'agit d'utiliser une méthode mathématique permettant d'obtenir l'espace des portefeuilles efficaces dans un temps polynomial. La méthode retenue pour la méthodologie est celle de Julian Molina et al. , qui ont développé une métaheuristique hybride basée sur une recherche Tabou.

MOAMP (Multiobjective Metaheuristic using an Adaptive Memory Procedure) est la seule technique permettant d'inclure les "bonnes" solutions de la recherche dans l'approximation des frontières optimales. Elle est caractérisée par une première phase permettant de « mémoriser » un ensemble de points efficaces, puis par une deuxième phase, permettant l'intensification de la recherche autour des points initialement « mémoriser ». La puissance et la rapidité d'exécution de cette métaheuristique dans l'univers de la sélection de portefeuilles a été mise en avant dans le mémoire de Julien Terrien (2007), traitant de l'emploi de MOAMP dans la sélection de portefeuilles en statique. Cette technique va donc nous permettre de générer directement l'espace des portefeuilles efficaces et ce, en un laps de temps très court.

B) Établissement des équations :

- **Équations sur les intrants** (Coût et force de travail)

Fonctions à contraindre: (Cf. appendice C1)

$$\hat{x}_{ik} = z'_k U^i z_k, \quad \forall i, k.$$

- **Équations sur les extrants** (Contribution économique, sociale et scientifique)

Fonctions à maximiser : (Cf. appendice C2)

$$\hat{y}_{rk} = \sum_{j=1}^{n_p} z_{jk} \left(\sum_{\ell=1}^{n_p} p_{j\ell} z_{\ell k} \right) \left[y_{rj} + \sum_{i=1}^{j-1} v_{ji} \left(\sum_{\ell=1}^{n_p} p_{i\ell} z_{\ell k} \right) z_{ik} \right].$$

C) Exécution de MOAMP

Les paramètres suivants sont à définir pour l'utilisation de MOAMP :

- Nombre de cycles et d'itérations Tabou initiales
- Taille de la liste Tabou
- Nombre maximum de non-améliorations et d'intensification

Après l'exécution de MOAMP, on récupère l'espace des portefeuilles efficients.

2.3.3 Étape III : Méthode interactive

A) Introduction

On part de l'ensemble des portefeuilles efficients et on cherche à les départager en fonction de critères pertinents.

B) Méthode d'agrégation utilisée

Deux méthodes ont été retenues et permettront de comparer les résultats:

▪ Electre Tri

Partant de notre ensemble fini de portefeuilles évalués sur la famille de critères quantitatifs décrits ci-dessus et d'un ensemble de catégories correspondant à des recommandations prédéfinies. (Par exemple : portefeuille bon, moyen, mauvais) .

Electre Tri permet d'obtenir les cartes de profil des portefeuilles, fondées sur le portefeuille de référence au moyen de relations de surclassement.

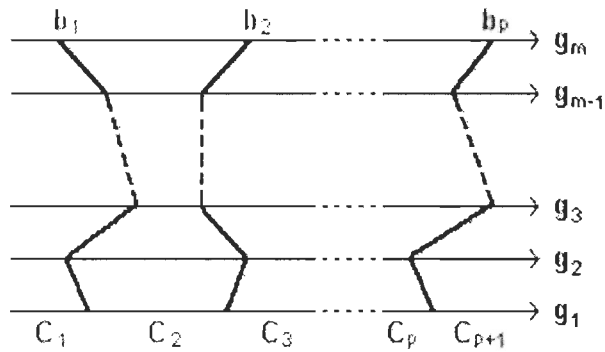


Figure 14 : Exemple de carte de profil

▪ Prométhée

Le principe de la méthode consiste à établir un processus de comparaison numérique de chaque portefeuille par rapport à tous les autres portefeuilles. Ainsi il est possible de calculer le plus « mérite » ou le moins « démérite » de chaque portefeuille par rapport à toutes les autres.

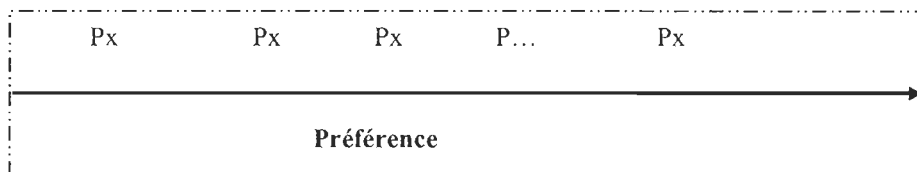


Figure 15 : Processus de comparaison numérique

C) Les trois phases de la méthode interactive :

La mise en oeuvre de la méthode interactive peut être ramenée à l'exécution des trois étapes suivantes:

▪ Choix de critères généralisés

A chaque critère $C_1, C_2, \dots, C_m$ sera associé un critère généralisé choisi sur la base d'une fonction de préférence. Les effets d'échelle seront éliminés.

▪ **Détermination d'une relation de surclassement**

Dans une deuxième phase,

- Pour Prométhée, il convient de déterminer une relation de surclassement par le biais d'un indice de préférence (par exemple: l'écart maximum entre 2 actions) qui quantifiera les préférences du décideur.

- Pour Electre Tri, il convient de définir numériquement les catégories (bon, moyen, mauvais) pour chaque critère.

▪ **Évaluation des préférences**

- Pour prométhée, l'évaluation de la préférence du décideur se fera par la prise en compte des flux entrants et sortants.

- Pour Electre Tri, l'évaluation de la préférence du décideur se fera par la prise en compte des cartes de profil de chaque portefeuille.

D) **Choix des critères**

Nous proposons les critères suivants :

▪ **Critère de Perte sèche.**

Il a pour but de mesurer la perte occasionnée par la sortie du portefeuille d'un ou plusieurs projets entamés par l'entreprise. (Perte de l'argent investi dans le projet).

Soit - P_x le portefeuille x .

- p_x les projets appartenant au portefeuille x

$$Perte (P_x) = \sum Perte (p_x)$$

Le critère mesure le pourcentage d'argent perdu par l'arrêt des projets par rapport à l'enveloppe globale du portefeuille.

$$C_{perte} = [Enveloppe - Perte (Px)] / Enveloppe$$

▪ Critère de Variété dans l'avancement.

Il vise à matérialiser l'homogénéité de chaque portefeuille dans l'avancement de leurs projets dans le processus Stage Gate. Ce critère est un des facteurs de succès d'un portefeuille posé par Cooper. (cf. chapitre 1). On procède pour cela à un test d'ajustement analytique selon une distribution uniforme, c'est-à-dire une méthode pour vérifier si la fréquence est la même pour chaque porte.

1. Calcul du Khi-carré :

Soient,

- k = nombre de porte dans la variable nominale

- O_i = fréquences observées dans chaque porte

<i>Etape</i>	Découverte	Portée	Simulateur d'activités	Développement	Test et validation	Lancement
<i>Fréquence</i>	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6

Tableau 5 : Fréquence O_i observé dans chaque porte du processus Stage Gate

- E_i = les fréquences attendues dans chaque porte selon l'hypothèse H_0 : La distribution est uniforme.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Afin de comparer les Khi-carré de chaque portefeuille nous allons calculer la probabilité unilatérale de la distribution khi-deux.

2. Loi du Khi-carré :

La **loi du χ^2** est une loi à densité de probabilité. Elle renvoie la probabilité d'une variable aléatoire continue suivant une loi unilatérale du Khi deux. Cette loi est caractérisée par 2 paramètres :

- Le degré de liberté de la loi

Ici 6 classes (les 6 phases du processus Stage Gate), soit 5 degrés de liberté.

- Le Khi-carré du portefeuille

3. Calcul du critère

Le critère de variété dans l'avancement revient donc à calculer :

loi $\chi^2_{\text{portefeuille}}(5, \chi^2_{\text{portefeuille}})$

▪ Critère de performance en terme de Rendement

Il mesure la performance du portefeuille. Pour cela, il est basé sur le calcul du ratio Extrant/Intrant de chaque portefeuille.

- Pour les Extrants (économique, scientifique, social): **$I(i) = \text{Indice} = \text{score}/\text{max}$**
- Pour les Intrants (coût, force de travail) : **$Ic(i) = \text{Indice} = \text{min}/\text{score}$**
- **Calcul du critère : $\Pi(i) = \Pi I(i) \Pi Ic(i)$**

▪ Critère de risque.

Il permet de mesurer la probabilité de succès moyenne du portefeuille. Soient :

- K la probabilité de réussite du portefeuille et k la probabilité de réussite d'un projet
- P_x le portefeuille x
- p_x les projets appartenant au portefeuille x

$$K(P_x) = \text{Moy} [k(p_x)]$$

E) Choix des Relations de surclassement

▪ ElectreTri

Le décideur définit les intervalles des classes pour classer les portefeuilles en bon, moyen, ou mauvais.

▪ Prométhée

Le décideur définit sa fonction de préférence pour chaque critère parmi le critère usuel, en « U », en « V », à palier, linéaire ou encore gaussien. Ces fonctions peuvent être représentées par la figure page suivante.

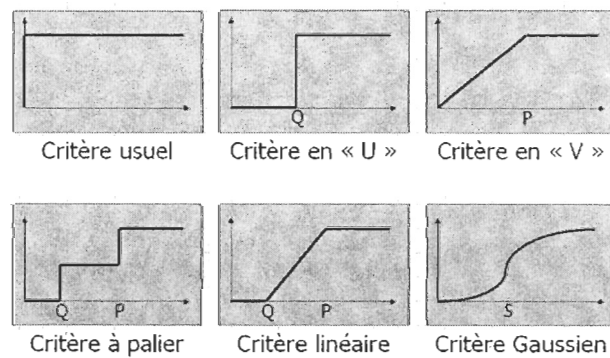


Figure 16 : Fonctions de préférence

F) Exécution de Electre Tri et/ou Prométhée

▪ Electre Tri

On récupère la carte de profil des portefeuilles

▪ **Prométhée**

On récupère le classement total et partiel des portefeuilles

G) Choix du décideur

Le choix d'un portefeuille par le décideur sera alors fonction de l'analyse et de la comparaison des cartes de profil obtenu pour chaque portefeuille dans le cas de l'utilisation de Electre Tri ou encore du classement partiel et total de ces derniers si Promethee est la méthode employée.

Cette dernière étape marque la fin de la méthodologie proposée.

CHAPITRE III : EXEMPLE DIDACTIQUE

3.1 Introduction

Celui-ci est tiré d'un portefeuille efficient du cas DEA BSC issu de Eilat, H., Golany, B., Shtub A, dans *Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology*, *European Journal of Operational Research*. (2005).

Nous partons d'un portefeuille existant de 7 projets, nommés respectivement 2,3,5,6,8,14 et situés à différentes étapes dans le processus Stage Gate. ainsi que de 4 projets candidats a,b,c,d. (cf appendice A)

- Définition des Intrants

Le Coûts matériel est exprimés en milliers de \$ et la force de travail est quant a elle exprimé en équivalence de temps plein ETS

- Définition des Extrants

La contribution économique est exprimé en équivalence monétaire soit milliers de \$, tandis que les contributions scientifique et sociale sont elles exprimées en pourcentage estimé de 1 à 100.

3.2 Résultats obtenus

Etape1 : Réunion de passage de porte (State Gate)

A) Go/Kill décision

Ce tableau illustre le choix consensuel des décideurs obtenu lors de la réunion de passage de porte :

Projet	Fin d'étape	Passage de porte	Porte Franchie	Action
2	<i>Découverte</i>	1	oui	-
3	<i>Portée</i>	2	oui	-
5	<i>Test et validation</i>	5	oui	-
6	<i>Développement</i>	3	oui	-
8	<i>Simulateur d'activités</i>	4	oui	-
14	<i>Portée</i>	2	oui	-
y	<i>Découverte</i>	1	non	ARRÊT

Tableau 6 : Go/Kill décision de la réunion des décideurs

Les décideurs ont choisis d'arrêter le projet y suite à son incapacité à franchir la porte 1.

B) Mise à jour des paramètres

▪ Réévaluation des probabilités de succès

Nous pouvons observer ci-dessous les pourcentages empiriques, c'est-à-dire propres à l'entreprise de l'évolution de la réussite des projets en fonction de leur avancement dans le processus Stage Gate.

Porte franchie	1	2	3	4	5
% de réussite	0,4	0,6	0,75	0,85	0,9

Tableau 7 : Pourcentage de réussite des projets dans le processus Stage Gate

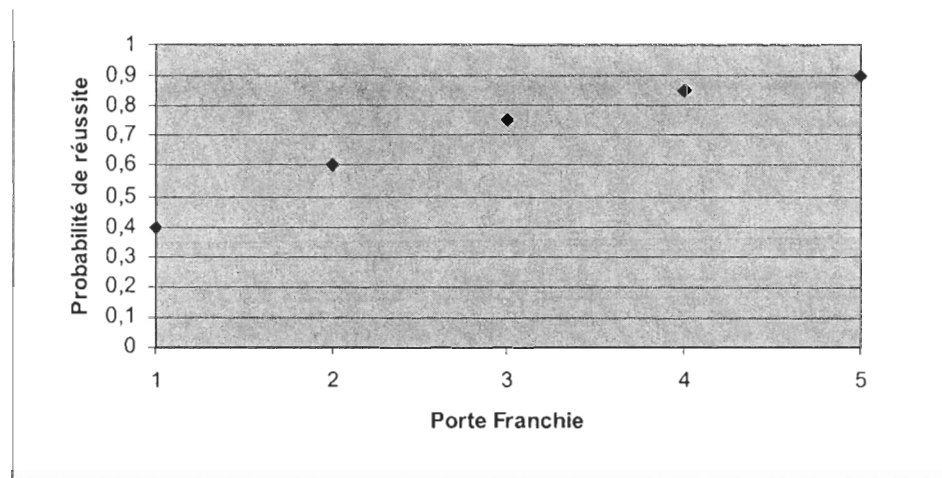


Figure 17 : Pourcentage de réussite empirique des projets passant une porte

Établissement de la loi de réévaluation propre à l'entreprise :

$y(x) = x + (1-x) * P(\text{porte})$ Avec :

$P(1) = 0,4 \quad P(2) = 0,6 \quad P(3) = 0,75 \quad P(4) = 0,85 \quad P(5) = 0,9$

Application de la loi de réévaluation aux différents projets entamés :

Projet	Porte Franchie	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
2	1	0,30	0,58
3	2	0,60	0,84
5	5	0,70	0,97
6	3	0,80	0,95
8	4	0,50	0,93
14	2	0,60	0,84

Tableau 8 : Probabilités de succès des projets actualisées

▪ Réévaluation des intrants des projets en cours :

Les décideurs décident de réviser les prévisions en termes de travail et de coût pour les projets 2,3 et 6.

Projet 2 : ETS restant réévalué à 78 au lieu de 76

Projet 3 : ETS restant réévalué à 35 au lieu de 36

Projet 6 : ETS restant réévalué à 78

▪ Réévaluation des contraintes strictes :

Le budget exact dépensé par le portefeuille durant la période (11k€) est récupérable dans la base de données projet (cf annexe 7). Les décideurs ont décidé de réinjecter **10 k\$** pour la prochaine période. Ils ont également décidé de consacrer **190 FTE** de force de travail au portefeuille durant cette période.

Coûts	Budget précédent	56	K\$
	\$ Dépensé	11	K\$
	\$ Réinjecté (Enveloppe)	9	K\$
	Nouveau budget	54	K\$
Travail	Force de travail précédente	200	FTE
	Force de travail allouée	190	FTE

Tableau 9 : Contraintes strictes réajustées

▪ Extrants des étapes précédentes :

Il est désormais possible d'établir les matrices du problème. (Cf annexes 8,9 et appendice B)

▪ Analyse :

	Travail en FTE	Coût en K\$
Consommation projets entamés	151	31
Consommation projets candidats	112	56
Somme	263	87

Tableau 10 : Consommations des projets en terme de ressources

La somme des consommations des projets entamés et candidats dépassent les contraintes disponibles. D'où le recours à la métaheuristique MOAMP.

Étape II : Exécution d'une Métaheuristique multi-critères (MOAMP)

A) Établissement des équations (cf appendice C)

B) Résultats MOAMP : (cf appendice D)

On obtient 4 portefeuilles efficients

	Portefeuille 1	Portefeuille 2	Portefeuille 3	Portefeuille 4
p2	X	X	X	X
p3	X	X	X	
p5	X	X	X	X
p6	X	X		X
p8	X	X		
p14	X		X	X
pa			X	X
pb	X	X		
pc		X		
pd	X	X	X	X
Nombre projets	8	8	6	6
Nombre projets entamés	6 / 6	5 / 6	4 / 6	4 / 6
Nombre projets candidats	2 / 4	3 / 4	2 / 4	2 / 4

Tableau 11 : Portefeuilles obtenus par MOAMP

▪ Analyse

On peut constater à la lecture du tableau ci-dessus q'aucun portefeuille n'est dominé. D'où le recours à la méthode interactive.

Étape III : Méthode interactive

A) Évaluation des Critères :

- Calculs (Cf annexes 10)

- Résultats

- Critère de Performance en terme de perte Sèche.

P1	P2	P3	P4
1	0,95	0,9	0,93

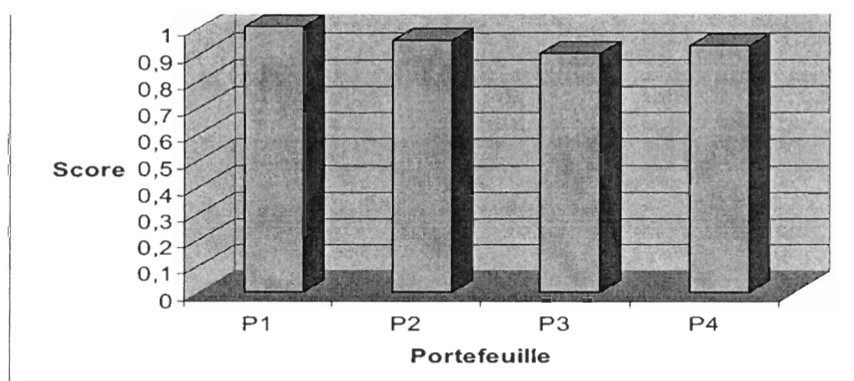


Tableau 12 : Perte sèche des portefeuilles

- Critère de Variété dans l'avancement.

P1	P2	P3	P4
0,96	0,78	0,55	0,85

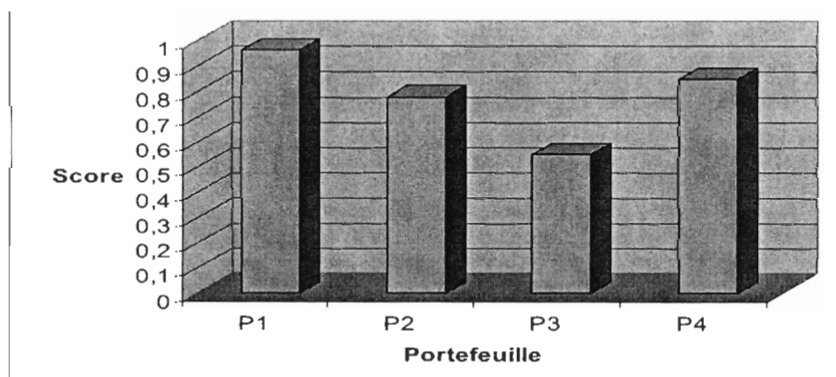


Tableau 13 : Variété des portefeuilles

- Critère de Performance en terme de rendement

P1	P2	P3	P4
0,66	0,62	0,53	0,84

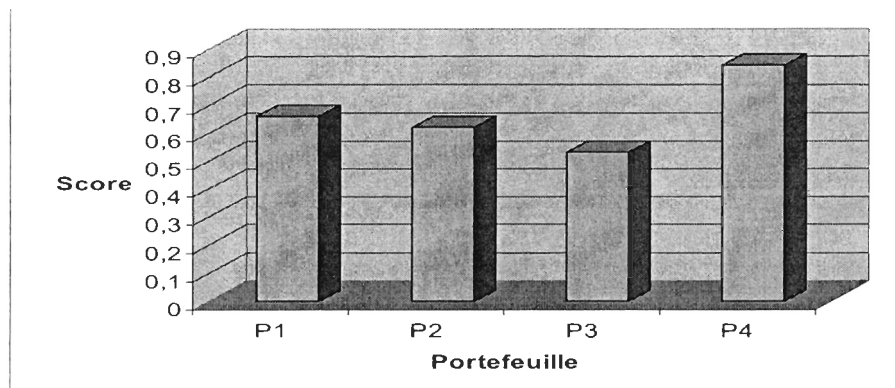


Tableau 14 : Rendements des portefeuilles

- Critère de Risque

P1	P2	P3	P4
0,83	0,78	0,82	0,84

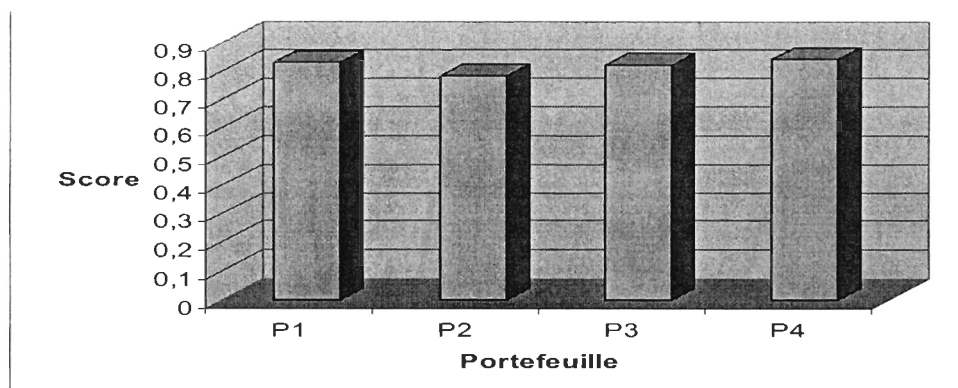


Tableau 15: Score des portefeuilles

B) Synthèse sur les scores des portefeuilles :

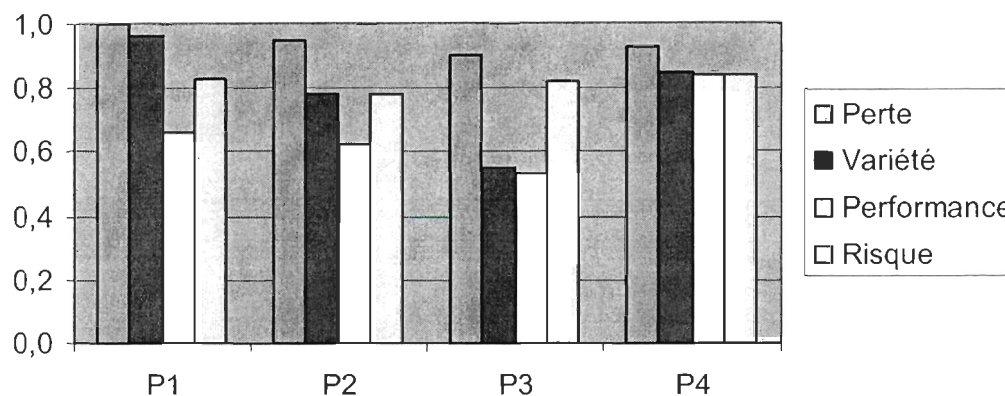


Figure 18 : Synthèse des scores des portefeuilles

On peut constater qu'aucun portefeuille n'est totalement dominé. Par contre, on peut constater que P3 est dominé par P1 et P4. Et P2 est dominé par P1. On peut souligner que le choix du portefeuille à la seule vue de cette synthèse des scores n'est pas aisé même si les portefeuilles 1 et 4 semblent globalement meilleurs que les 2 autres. D'où l'utilisation des méthodes d'aide à la décision multicritères **Prométhée** et **Electre Tri**.

C) Choix des Relations de surclassement

▪ Prométhée :

Le décideur définit les intervalles des classes (cf annexes 11)

La préférence totale est définie à partir d'un écart de 0,01. (Précision des critères). C'est-à-dire que le moindre écart de score génère une préférence totale.

▪ Electre Tri

Le décideur définit les fonctions de préférence des critères. Le critère usuel est la fonction choisie pour traiter de l'exemple afin de pouvoir comparer les 2 méthodes.

C'est-à-dire que comme pour Prométhée, le moindre écart de score génère une préférence totale.

D) Exécution de Électre Tri et/ou Prométhée

▪ Prométhée :

Il est à remarquer que la pondération choisie est la même pour tous les critères. Aussi la fonction de préférence, identique pour chaque critère, est définie par une préférence totale pour un écart de 0,01.

Résultats : (Soient Cr01, 02, 03, 04 respectivement les critères de perte, de variété, de performance et de risque)

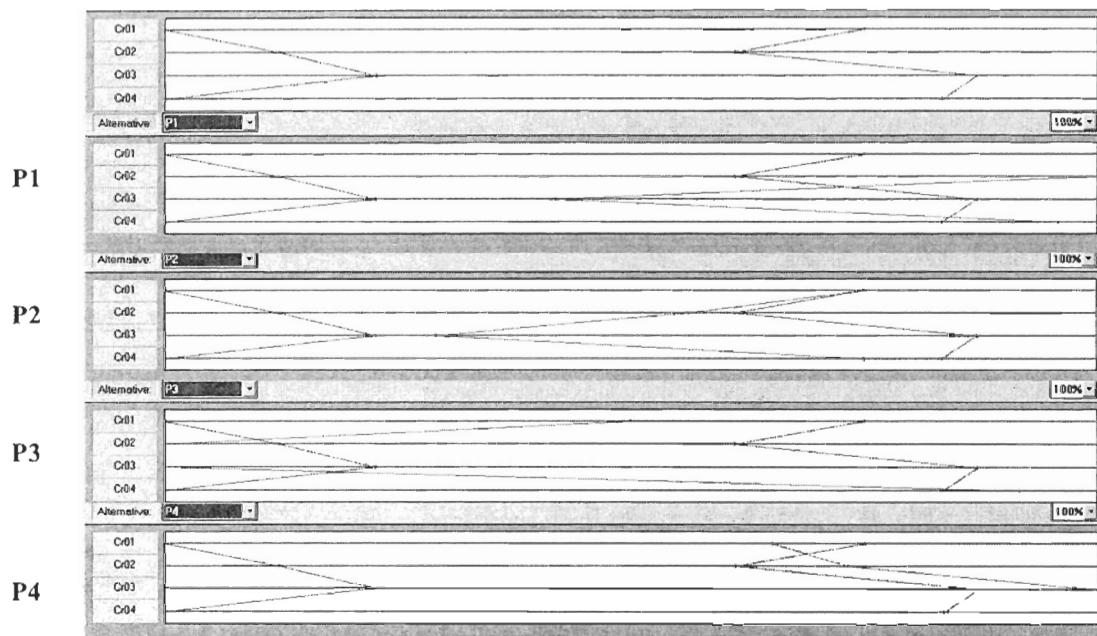


Figure 19 : Carte de profil des portefeuilles

Analyse :

P4 est le portefeuille qui possède la carte de profil la plus proche du portefeuille idéal. Elle est caractérisée par son homogénéité dans ou près de la zone idéale. P1 est lui pénalisé par son score sur le critère de performance.

Aussi, le choix du ou des décideurs pourrait se porter sur P4 si les critères de performance ou de risque sont des critères prépondérants ou encore pour son homogénéité sur les différents critères. Par contre celui-ci se portera sur le choix de P1 si la préférence des décideurs est pour les critères de perte sèche ou de variété du portefeuille.

▪ Electre Tri:

On obtient le classement partiel et total des portefeuilles.

- Prométhée partielle

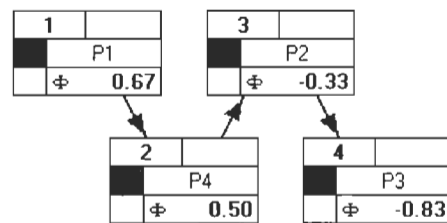


Figure 20 : Prométhée partielle

- Prométhée totale

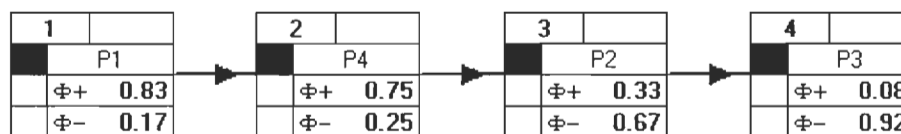


Figure 21 : Prométhée totale

Analyse :

On peut, à prime abord, remarquer que P1 et P4 se dégagent nettement des 2 autres portefeuilles par la taille des flux positifs générés. Il est d'ailleurs à noter un faible

avantage pour P1. Mais aucune conclusion ne doit être émise sans comparer les profils et les indices de stabilité de ces 2 portefeuilles pour étayer la comparaison.

Comparaison du profil P1 et P4 et de leur stabilité:

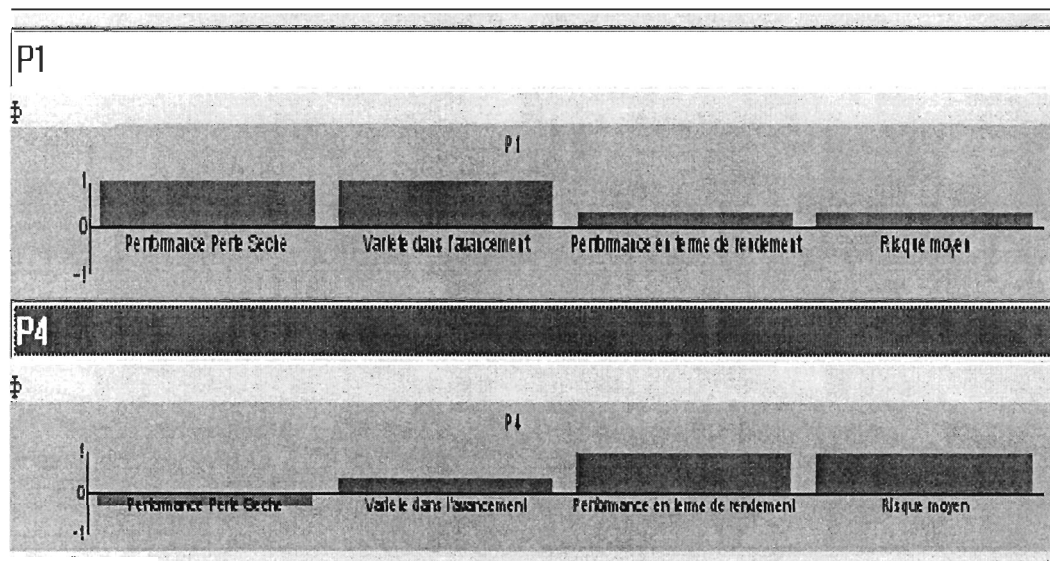


Figure 22 : Comparaison du profil P1 et P4

	Weight	Interval		% Weight	% Interval	
		Min	Max		Min	Max
Performance Perte Seche	1.0000	0.5000	6.0000	25.00%	14.29%	66.67%
Variété dans l'avancement	1.0000	0.0000	Infinity	25.00%	0.00%	100.00%
Performance en terme de rendement	1.0000	0.0000	2.0000	25.00%	0.00%	40.00%
Risque moyen	1.0000	0.0000	2.0000	25.00%	0.00%	40.00%

Tableau 16 : Stabilité du profil P1 et P4

L'interprétation de ces résultats peut se faire de la manière suivante :

1. Si le ou les décideurs ont une importance accrue pour les critères suivants:

- Critère de perte Sèche.
- Critère de Variété dans l'avancement.

Alors le décideur préférera le portefeuille P1.

2. Si par contre, le ou les décideurs ont une importance accrue pour les critères suivants:

- Critère de rendement (pondération x2)
- Critère de Risque (pondération x2)

Le décideur préférera le portefeuille P4.

3.3 Conclusion

Au regard des préférences des décideurs, et de la pondération choisie, le choix du portefeuille se portera sur P1 ou P4.

	Portefeuille 1	Portefeuille 4
p2	X	X
p3	X	
p5	X	X
p6	X	X
p8	X	
p14	X	X
pa		X
pb	X	
pc		
pd	X	X
Nombre projets	8	6
Nombre projets entamés	6 / 6	4 / 6
Nombre projets candidats	2 / 4	2 / 4

Tableau 17 : Choix de P1 ou P4

- **Choix de P1 :**

Le choix de P1 n'entraîne pas d'incidence sur les projets entamés et fait rentrer 2 projets candidats.

- **Choix de P4**

Le choix de P4 implique que 2 projets soient mis en pause ou arrêtés selon le choix des décideurs et que 2 projets candidats rentrent dans le portefeuille.

CONCLUSION

▪ Sur la méthodologie proposée:

La méthodologie présentée permet de fournir au décideur une méthode simple et complète au problème complexe qu'est la sélection de portefeuilles en dynamique.

Elle répond au modèle de sélection proposé par Archer et Ghasemzadeh (1999) et intègre le processus décisionnel Stage Gate de Cooper

Elle permet la revalorisation des probabilités de réussite par des données empiriques propre à l'entreprise, l'ajustement des paramètres au cours du processus Stage Gate, ce qui permet d'intégrer des données de plus en plus juste et ainsi diminuer l'incertitude de celles-ci.

Aussi, elle donne la possibilité de modifier les contraintes pour la période (Budget, quantité de travail alloué) ce qui permet au portefeuille de s'adapter à son environnement (budgétaire et matériel) et ainsi aux différents changements conjoncturelle auquel une entreprise doit faire face. Ce qui rend cette méthodologie flexible et adaptable.

De plus, l'implication du décideur à plusieurs moments de la méthodologie, notamment durant le Go/Kill décision, l'allocation du budget et de la quantité de travail disponible ainsi que pendant l'application de la méthode interactive pour lequel il aura à choisir la pondération des critères et ainsi ses préférences permet de présenter à celui-ci un ensemble de portefeuille efficace, efficient et préféré.

Enfin cette méthodologie est directement réalisable au cours des réunions de passage de porte (Stage Gate) et peut ainsi permettre d'obtenir une décision sur le choix du portefeuille dans le laps de temps de la réunion entre décideurs.

▪ **Sur l'approche dynamique et les axes pour de futures recherches :**

Nous avons vu que la sélection de portefeuilles de projets est aujourd'hui incontournable aux entreprises désireuses de générer du profit durablement. Aussi, cette nouvelle étape dans le processus décisionnel vu sous l'aspect dynamique est garante de la flexibilité du portefeuille au cours du temps et de son adaptation à son environnement.

Les typologies retenues pour ce travail ont tenu compte des interactions entre projets, de l'approche multicritère, et de l'aspect dynamique de la sélection. Pour de futures recherches, il est envisageable de vouloir concevoir l'informatisation de la méthodologie, qui, couplé avec une base de données des projets de l'entreprise permettrait de fournir aux décideurs un outil d'aide à la décision à la fois complet et en parfaite adéquation avec une démarche de management de portefeuille de projets. Il est en outre possible d'envisager son insertion au sein d'un progiciel intégré dans l'entreprise.

Enfin, nous posons les bases pour un travail plus large, qui ferait intervenir l'incertitude des données d'entrée ou encore l'attribution partielle des fonds, permettant ainsi d'obtenir une approche toujours plus réaliste de la sélection de portefeuilles de projets.

ANNEXES

REMERCIEMENTS	I
RÉSUMÉ	II
TABLE DES MATIÈRES.....	III
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
INTRODUCTION	VI
CHAPITRE I : PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE	2
1.1 La gestion de portefeuille de projets	2
1.1.1 Place de la gestion de portefeuilles	2
1.1.2 Objectifs de la gestion de portefeuilles	3
1.1.3 Modèles de gestion de portefeuilles	4
1.1.4 Sélection de portefeuilles de projets	6
1.1.5 Difficultés liées à la pratique.....	7
1.1.6 Les différentes typologies de sélection.....	8
1.1.7 Modèles de sélection de portefeuilles.....	10
1.2 Les limites des modèles classiques de sélection de portefeuille de projets	11
1.2.1 Limite du cas statique	11
1.2.2 Avantage du cas dynamique	13
1.3 Les modèles dynamiques de sélection de portefeuille de projets.....	14

1.3.1	Arbre de décisions	16
1.3.2	Optimisation dynamique de scénarios	17
1.3.3	Programmation linéaire	18

CHAPITRE II : PROPOSITION D'UN NOUVEAU MODÈLE DYNAMIQUE DE SÉLECTION DE PORTEFEUILLE DE PROJETS..... 21

2.1	Introduction	21
2.2	Présentation de la méthodologie.....	23
2.2.1	Finalité de la méthodologie	23
2.2.2	Environnement de la méthodologie proposée	24
2.2.3	Présentation des étapes de la méthodologie	26
2.2.4	Logigramme de la méthodologie	28
2.3	Description de la méthodologie.....	29
2.3.1	Étape I : réunion de passage de porte	29
2.3.2	Étape II : Exécution d'une Métaheuristique multi-critères (MOAMP).....	36
2.3.3	Étape III : Méthode interactive	37

CHAPITRE III : EXEMPLE DIDACTIQUE..... 44

3.1	Introduction	44
3.2	Resultats obtenus.....	45
	Etape1 : Réunion de passage de porte (State Gate)	45
	Étape II : Exécution d'une Métaheuristique multi-critères (MOAMP).....	48
	Étape III : Méthode interactive	48
3.2	Conclusion	55

CONCLUSION 57

ANNEXES 59

ANNEXE 1..... LOI DE RÉÉVALUATION DES PROBABILITÉS DE SUCCÈS 64

ANNEXE 2.....	REPRÉSENTATION 2D DE LA LOI DE RÉÉVALUATION :	
.....		65
ANNEXE 3.....	REPRÉSENTATION 3D DE LA LOI DE RÉÉVALUATION :	
.....		66
ANNEXE 4.....	TABLEAU DE RÉÉVALUATION DES INTRANTS	
.....		67
ANNEXE 5.....	TABLEAU DE MISE À JOUR DES PARAMÈTRES	
.....		68
ANNEXE 6...	TABLEAU DE MISE À JOUR DES MATRICES D'INTERACTION	
.....		69
ANNEXE 7...	TABLEAU DE RÉÉVALUATION DES INTRANTS APPLIQUÉ AU CAS NUMÉRIQUE	
.....		70
ANNEXE 8..	TABLEAU DE MISE À JOUR DES PARAMÈTRES APPLIQUÉ AU CAS NUMÉRIQUE	
.....		71
ANNEXE 9...	TABLEAU DE MISE À JOUR DES MATRICES D'INTERACTION	
.....		72
ANNEXE 10.....	NOTICE DE CALCULS DES CRITÈRES APPLIQUÉ AU CAS NUMÉRIQUE	
.....		73
ANNEXE 11.....	INTERVALLES DE CLASSE D'ELECTRE TRI	
.....		76

APPENDICE A : DONNEES DE DEPART.....	77
A1 DONNÉES SUR LES PROJETS ENTAMÉS (ACTIFS).....	78
A2 DONNÉES SUR LES PROJET CANDIDATS	79
APPENDICE B : MATRICES DE L'APPLICATION NUMÉRIQUE.....	80
APPENDICE C : ÉQUATIONS – UTILISATION DE MATHEMATICA.....	84
C1 RELATIONS SUR LES INTRANTS.....	85
C2 RELATIONS SUR LES EXTRANTS.....	85
C3 EQUATION INTRANT 1	86
C4 EQUATION INTRANT 2	86
C5 EQUATION EXTRANT 1	86
C6 EQUATION EXTRANT 2	86
C7 EQUATION EXTRANT 3	86
APPENDICE D : DONNEES D'ENTREE ET DE SORTIE <i>MOAMP</i>	87
D1 DONNÉES D'ENTRÉE.....	88
D2 DONNÉES DE SORTIE.....	89

REFERENCES.....	90
-----------------	----

Annexe 1 Loi de réévaluation des probabilités de succès

Probabilité de succès

Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,1	
1	0,1	0,46
2	0,1	0,64
3	0,1	0,78
4	0,1	0,87
5	0,1	0,91

Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,2	
1	0,2	0,52
2	0,2	0,68
3	0,2	0,80
4	0,2	0,88
5	0,2	0,92

Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,3	
1	0,3	0,58
2	0,3	0,72
3	0,3	0,83
4	0,3	0,90
5	0,3	0,93

Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,4	
1	0,4	0,64
2	0,4	0,76
3	0,4	0,85
4	0,4	0,91
5	0,4	0,94

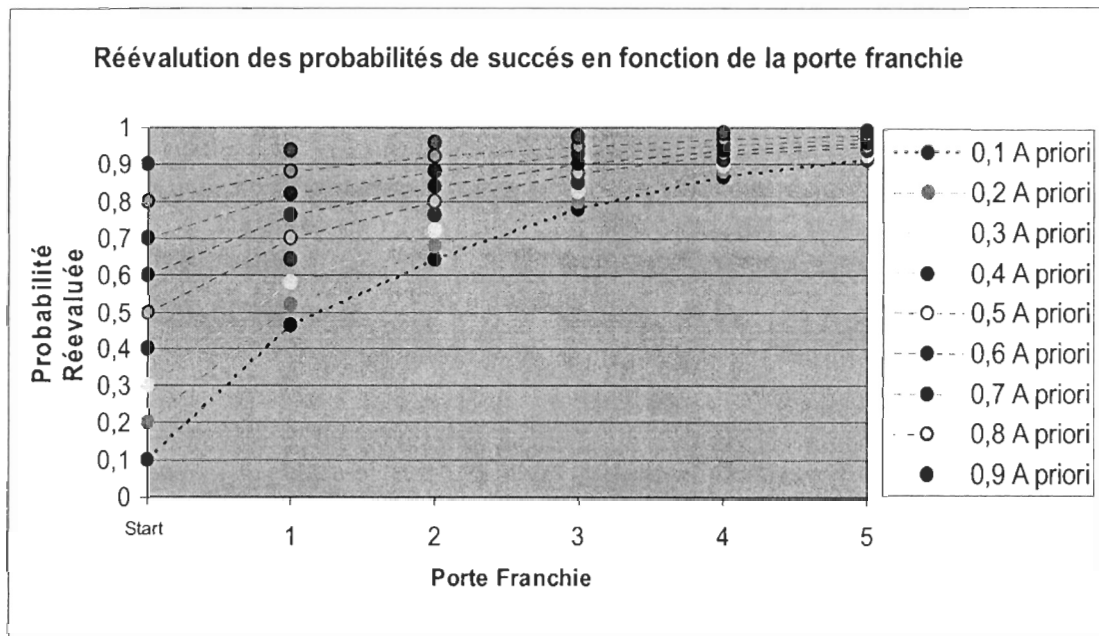
Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,5	
1	0,5	0,70
2	0,5	0,80
3	0,5	0,88
4	0,5	0,93
5	0,5	0,95

Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,6	
1	0,6	0,76
2	0,6	0,84
3	0,6	0,90
4	0,6	0,94
5	0,6	0,96

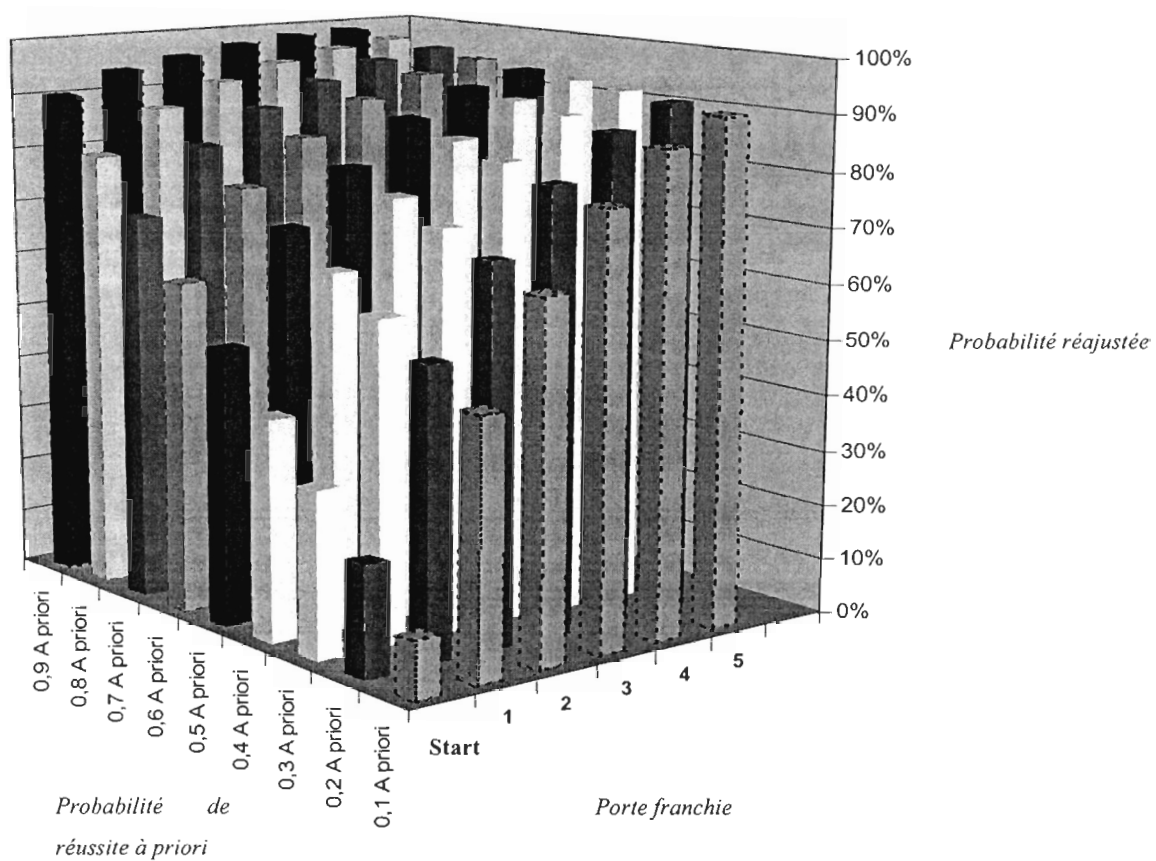
Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,7	
1	0,7	0,82
2	0,7	0,88
3	0,7	0,93
4	0,7	0,96
5	0,7	0,97

Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,8	
1	0,8	0,88
2	0,8	0,92
3	0,8	0,95
4	0,8	0,97
5	0,8	0,98

Porte Franchise	Probabilité de succès A priori	Probabilité Actualisée
	0,9	
1	0,9	0,94
2	0,9	0,96
3	0,9	0,98
4	0,9	0,99
5	0,9	0,99



Annexe 3 Représentation 3D de la loi de réévaluation :



Annexe 4 Tableau de réévaluation des intrants

[illegible]

Annexe 5 Tableau de mise à jour des paramètres

	Projet	Porte	Inputs		Outputs			Probabilité de réussite
			Travail	Coût	Contribution Eco	Contribution scient	Contribution sociale	
Entamés	x							
	x							
	x							
	x							
	...							
	x							
Candidats	y	-						
	y	-						
	...	-						
	y	-						

Contraintes Strictes
(Ressources disponibles)

--	--

	Mise à jour base de données et/ou réunion
	Redéfini en réunion
	Inchangé
	Défini en pré-faisabilité

Annexe 7 Tableau de réévaluation des intrants appliqué au cas numérique

Projets entamés

Projet	Etape en cours	Passage de porte	Porte Franchie	Inputs															
				Travail								Coût							
				ETS A priori	Effectué depuis dernière réunion	%	Effectué total (depuis lancement)	%	ETS Restant A priori	Révision des prévisions	ETS Restant A Forciort	Cost A priori	Dépensé depuis dernière réunion	%	Dépensé total (depuis lancement)	%	Cost Restant A priori	Révision des prévisions	Cost Restant A Forciort
2	Découverte	1	oui	11	1	13	1	13	10		10	18	2	13	2	13	16	-1	15
3	Portée	2	oui	114	19	17	38	33	76	2	78	5	1	15	2	35	3	1	4
5	Test et validation	5	oui	54	10	18	48	88	6		6	21	4	18	19	90	2		2
6	Développement	3	oui	63	9	15	27	43	36	-1	35	7	1	17	3	48	4		4
8	Simulateur d'activités	4	oui	19	3	16	12	65	7		7	4	1	19	2	61	2		2
14	Portée	2	oui	22	3	14	7	32	15		15	8	1	13	3	35	5		5
y	Découverte	1	non	10	1	10	1	10				15	2	15	2	15			
				46				150				151				12			
																31			

Annexe 8 Tableau de mise à jour des paramètres appliqué au cas numérique

	Projet	Porte Franchie	Inputs		Outputs			Probabilité de réussite
			Travail	Cout	Contribution Eco	Contribution scient	Contribution sociale	
Entamés	2	1	10	15	3101	90	95	0,58
	3	2	78	4	1240	70	20	0,84
	5	5	6	2	1312	90	40	0,97
	6	3	35	4	429	95	25	0,95
	8	4	7	2	276	15	10	0,93
	14	2	15	5	218	20	10	0,84
Candidats	a	-	50	20	2659	80	90	0,80
	b	-	13	8	560	40	45	0,60
	c	-	17	13	360	20	30	0,50
	d	-	32	15	1794	80	50	0,90

Contraintes strictes (Disponibles)

190	54
-----	----

	Mise à jour base de données et/ou réunion
	Redéfini en réunion
	Inchangé
	Défini en pré-faisabilité

Annexe 9 Tableau de mise à jour des matrices d'interaction

MATRICE D'INTERACTION (6 matrices)

inchange
Défini en pré-travail
Mise à jour

	2	3	5	6	8	14	a	b	c	d
2	10									
3	-3	78								
5			6							
6				35						
8		-0,5			7					
14						15				
a				-2			50			
b						-5		13		
c		-10							17	
d							-10			32

	2	3	5	6	8	14	a	b	c	d
2	15									
3		4								
5	-1		2							
6				4						
8					2					
14						5				
a		-2					20			
b								8		
c								-4	13	
d	-4				-1					15

	2	3	5	6	8	14	a	b	c	d
2	3101									
3		1240								
5			1312							
6	940			429						
8					276					
14						218				
a			500				2659			
b							200	560		
c									360	
d					5					1794

	2	3	5	6	8	14	a	b	c	d
2	90									
3		70								
5			90							
6				95						
8					15					
14						20				
a				40			80			
b	20						10	40		
c									20	
d			30							80

	2	3	5	6	8	14	a	b	c	d
2	95									
3		20								
5			40							
6			40	25						
8					10					
14				30		10				
a							90			
b						5		45		
c	-10								30	
d									10	50

	2	3	5	6	8	14	a	b	c	d
2	0,58									
3		0,84								
5			0,97							
6				0,95						
8		0,1			0,93					
14						0,84				
a						0,2	0,8			
b	0,2							0,6		
c									0,5	
d				0,3						0,9

Annexe 10 Notice de calculs des critères appliqué au cas numérique

- **Critère de Performance en terme de Perte Sèche.**
Caractérise la perte occasionnée par l'arrêt de projet au sein du portefeuille

P1

$$\text{Perte (P1)} = 0 \$$$

$$\text{Perte (Px)} = \sum \text{Perte (px)}$$

$$\text{CPerte (P1)} = 54/54 = 1$$

$$\text{Cperte} = [\text{Enveloppe} - \text{Perte (Px)}] / \text{Enveloppe}$$

P2

$$\text{Perte (P2)} = \text{Perte (p14)} = 3\,000 \$$$

$$\text{CPerte (P2)} = (54-3)/54 = 0,95$$

P3

$$\text{Perte (P3)} = \text{Perte (p6)} + \text{Perte (p8)} = 3\,000 \$ + 2\,000 \$ = 5\,000 \$$$

$$\text{CPerte (P3)} = (54-5)/54 = 0,90$$

P4

$$\text{Perte (P4)} = \text{Perte (p3)} + \text{Perte (p8)} = 2\,000 \$ + 2\,000 \$ = 4\,000 \$$$

$$\text{CPerte (P4)} = (54-4)/54 = 0,93$$

- **Critère de Variété dans l'avancement.**

Matérialise l'homogénéité de chaque portefeuille dans l'avancement de leurs projets dans le processus Stage Gate.

P1

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$\text{Khi-carré (P1)} = 1,00$$

$$\text{loi } \chi^2_{\text{portefeuille}} (5, \chi^2_{\text{portefeuille}})$$

Loi Khi-carré (P1) = 0,9626

P2

Khi-carré (P2) = 2,50

Loi Khi-carré (P2) = 0,7765

Nombre de projets en :						
	Découverte	Portée	Simulateur d'activités	Développement	Test et validation	Lancement
P1	2	1	2	1	1	1
P2	3	1	1	1	1	1
P3	2	1	2	0	0	1
P4	2	1	1	0	1	1

P3

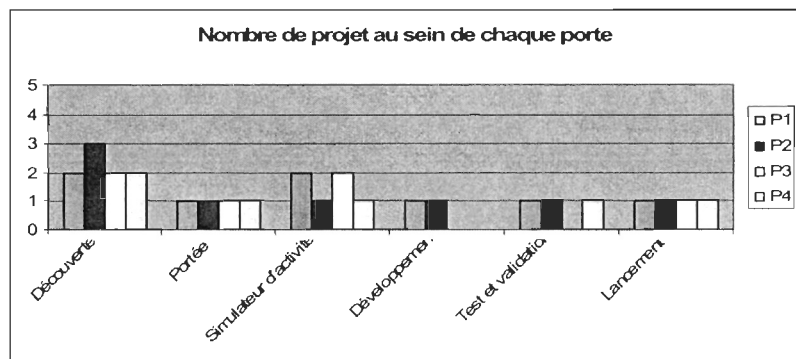
Khi-carré (P3) = 4,00

Loi Khi-carré (P3) = 0,5494

P4

Khi-carré (P4) = 2,00

Loi Khi-carré (P4) = 0,8491



■ Critère de Performance en terme de rendement

Calcul le ratio Intrants/Extrants de chaque portefeuille

Extrants : $I(i) = \text{Indice} = \text{score} / \text{max}$

Intrants: $Ic(i) = \text{Indice} = \text{min} / \text{score}$

$\Pi(i) = \Pi I(i) \Pi Ic(i)$

Portef.	I1	f1	I2	f2	I3	f3	Ic1	c1	Ic2	c2	ΠIi
1	0,89	7586,6	1,00	448,8	0,90	249,2	0,82	177,5	1,00	49	0,66
2	0,89	7583,5	0,98	442,0	0,93	255,8	0,84	174,5	0,92	53	0,62
3	1,00	8567,5	0,82	367,1	0,92	254,1	0,78	188,0	0,91	54	0,53
4	0,99	8471,7	0,94	422,6	1,00	276,1	1,00	146,0	0,91	54	0,84

P1 : $\Pi(I/0)P1 = 0,66$

$$P2 : \quad \Pi(I/0)P2 = 0,62$$

$$P3 : \quad \Pi(I/0)P3 = 0,53$$

$$P4 : \quad \Pi(I/0)P4 = 0,84$$

■ Critère de Risque

Calcul le risque moyen de chaque portefeuille.

Soit K la probabilité de réussite du portefeuille et k la probabilité de réussite d'un projet

$$K(Px) = \text{Moy} [k(px)]$$

P1

$$K(P1) = \text{Moy} [k(p2), k(p3), k(p5), k(p6), k(p8), k(p14), k(pb), k(pd)] = 0,83$$

P2

$$K(P2) = \text{Moy} [k(p2), k(p3), k(p5), k(p6), k(p8), k(pb), k(pc), k(pd)] = 0,78$$

P3

$$K(P3) = \text{Moy} [k(p2), k(p3), k(p5), k(p14), k(pa), k(pd)] = 0,82$$

P4

$$K(P4) = \text{Moy} [k(p2), k(p5), k(p6), k(p14), k(pa), k(pd)] = 0,84$$

Annexe 11 Intervalles de classe d'ELECTRE TRI

- Critère de Performance en terme de perte Sèche.

Mauvais		Moyen		Bon	
0	0,8	0,8	0,95	0,95	1

- Critère de Variété dans l'avancement.

Mauvais		Moyen		Bon	
0	0,6	0,6	0,8	0,8	1

- Critère de Performance en terme de rendement

Mauvais		Moyen		Bon	
0	0,6	0,6	0,8	0,8	1

- Critère de Risque

Mauvais		Moyen		Bon	
0	0,6	0,6	0,8	0,8	1

APPENDICE A : DONNEES DE DEPART

A1 DONNÉES SUR LES PROJETS ENTAMÉS (ACTIFS)..... 78

A2 DONNÉES SUR LES PROJET CANDIDATS 79

AI Données sur les Projets entamés (actifs)

Pour notre exemple, ces données sont tirées d'un portefeuille efficient du cas DEA.et complétées pour les besoins de la méthodologie. Dans un cas réel, ces données proviennent de la base de données des projets de l'entreprise et sont extraites au moment de la sélection dynamique de portefeuilles.

Projet	Etape en cours	Inputs										Outputs			Probabilité de réussite a Priori
		Travail					Cout					Contribution			
		Travail Apriori (En ETS)	Effectué depuis dernière porte	%	Total Effectué	%	Coûts Apriori (en K\$)	Effectué depuis dernière porte	%	Total Dépensé	%	Economique	Scientifique	Sociale	
2	Découverte	11	1	13	1	13	18	2	13	2	13	3101	90	95	0,3
3	Portée	114	19	17	38	33	5	1	15	2	35	1240	70	20	0,6
5	Test et validation	54	10	18	48	88	21	4	18	19	90	1312	90	40	0,7
6	Développement	63	9	15	27	43	7	1	17	3	48	429	95	25	0,8
8	Simulateur d'activités	19	3	16	12	65	4	1	19	2	61	276	15	10	0,5
14	Portée	22	3	14	7	32	8	1	13	3	35	218	20	10	0,6
y	Découverte	10	1	10	1	10	15	2	15	2	15	358	25	15	0,2

6 matrices d'interaction

TRAVAIL

	2	3	5	6	8	14	y
2	10						
3	-3	78					
5			6				
6				35			
8		-0,5			7		
14						15	
y							10

COUT

	2	3	5	6	8	14	y
2	15						
3		4					
5	-1		2				
6				4			
8					2		
14						5	
y							15

CONTRIBUTION ECONOMIQUE

	2	3	5	6	8	14	a
2	3101						
3		1240					
5			1312				
6	940			429			
8					276		
14						218	
y							358

CONTRIBUTION SCIENTIFIQUE

	2	3	5	6	8	14	y
2	90						
3		70					
5			90				
6				95			
8					15		
14						20	
y							25

CONTRIBUTION SOCIALE

	2	3	5	6	8	14	y
2	95						
3		20					
5			40				
6			40	25			
8					10		
14				30		10	
y							15

PROBABILITE DE REUSSITE

	2	3	5	6	8	14	y
2	0,58						
3		0,84					
5			0,97				
6				0,95			
8		0,1			0,93		
14						0,84	
y							0,2

A2 Données sur les Projet candidats

Dans un cas réel, ces données sont définies en étape de préfaçabilité de projet

Projet	Inputs		Outpouts			Probabilité de réussite a priori
	Travail a priori (En ETS)	Coût a priori (en K\$)	Economique	Scientifique	Sociale	
a	50	20	2659	80	90	0,8
b	13	8	560	40	45	0,6
c	17	13	360	20	30	0,5
d	32	15	1794	80	50	0,9

APPENDICE B : MATRICES DE L'APPLICATION NUMÉRIQUE

Z , vecteur représentant la sélection de projets dans un portefeuille ($z_j = 1$ si le projet j est compris dans le portefeuille, il vaut 0 sinon)

$$\begin{pmatrix} Z01 \\ Z02 \\ Z03 \\ Z04 \\ Z05 \\ Z06 \\ Z07 \\ Z08 \\ Z09 \\ Z10 \end{pmatrix}$$

U^1 , matrice d'interactions des ressources de l'intrant Contenu du travail (équivalence en termes de temps de travail *FTE*)

$$\begin{pmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 78 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 35 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 50 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 13 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 17 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 32 \end{pmatrix}$$

U^2 , matrice d'interactions des ressources de l'intrant Coûts en matières (en termes monétaires, milliers de \$)

$$\begin{pmatrix} 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 13 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15 \end{pmatrix}$$

V^1 , matrice d'interactions de l'extrant Contribution économique (en termes monétaires, milliers de \$)

$$\begin{pmatrix} 3101 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1240 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1312 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 940 & 0 & 0 & 429 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 276 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 218 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 500 & 0 & 0 & 0 & 2659 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 200 & 560 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 360 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1794 \end{pmatrix}$$

V^2 , matrice d'interactions de l'extrant Contribution scientifique (estimée sur une échelle graduée de 0 à 100)

$$\begin{pmatrix} 90 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 70 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 90 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 40 & 0 & 0 & 80 & 0 & 0 & 0 \\ 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 40 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & 0 \\ 0 & 0 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 80 \end{pmatrix}$$

V^3 , matrice d'interactions de l'extrait Contribution sociale (estimée sur une échelle graduée de 0 à 100)

$$\begin{pmatrix} 95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 40 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 40 & 25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 30 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 90 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 45 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 30 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 50 \end{pmatrix}$$

V^4 , matrice des probabilités de réussite

$$\begin{pmatrix} 0.58 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.84 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.97 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.95 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0 & 0 & 0.93 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.84 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.8 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9 \end{pmatrix}$$

APPENDICE C : ÉQUATIONS – UTILISATION DE MATHEMATICA

C1 RELATIONS SUR LES INTRANTS.....	85
C2 RELATIONS SUR LES EXTRANTS.....	85
C3 EQUATION INTRANT 1	86
C4 EQUATION INTRANT 2	86
C5 EQUATION EXTRANT 1	86
C6 EQUATION EXTRANT 2	86
C7 EQUATION EXTRANT 3	86

C1 Relations sur les Intrants

- Équation mathématique :

$$\hat{x}_{ik} = z_k' U^i z_k, \quad \forall i, k.$$

- Sous mathématique :

Expand [Transpose[Z].B.Z] Ou Z = vecteur des projets, B = Matrice d'interaction sur l'intrant

C2 Relations sur les Extrants

- Équation mathématique :

$$\hat{y}_{ik} = \sum_{j=1}^{n_p} z_{jk} \left(\sum_{\ell=1}^{n_p} p_{j\ell} z_{\ell k} \right) \left[y_{rj} + \sum_{i=1}^{j-1} v_{ji} \left(\sum_{\ell=1}^{n_p} p_{i\ell} z_{\ell k} \right) z_{ik} \right].$$

Ou Z = vecteur des projets, V1 = Matrice d'interaction sur l'extrant, F = Matrice des probabilités

C3 Equation intrant 1

Expand[Transpose[Z].M1.Z]

$$\{\{10 Z01^2-3 Z01 Z02+78 Z02^2+6 Z03^2+35 Z04^2-0.5 Z02 Z05+7 Z05^2+15 Z06^2-2 Z04 Z07+50 Z07^2-5 Z06 Z08+13 Z08^2-10 Z02 Z09+17 Z09^2-10 Z08 Z10+32 Z10^2\}\}$$

C4 Equation intrant 2

Expand[Transpose[Z].M2.Z]

$$\{\{15 Z01^2+4 Z02^2-Z01 Z03+2 Z03^2+4 Z04^2+2 Z05^2+5 Z06^2-2 Z02 Z07+20 Z07^2+8 Z08^2-4 Z08 Z09+13 Z09^2-4 Z01 Z10-Z05 Z10+15 Z10^2\}\}$$

C5 Equation extrant 1

Expand[

$$\{1798.58 Z01^2+1041.6 Z02^2+1272.64 Z03^2+407.55 Z04^2+27.6 Z02 Z05+256.68 Z05^2+183.12 Z06^2+531.8 Z06 Z07+2127.2 Z07^2+112. Z01 Z08+336. Z08^2+180. Z09^2+538.2 Z04 Z10+1614.6 Z10^2\}$$

C6 Equation extrant 2

Expand[]

$$\{52.2 Z01^2+58.8 Z02^2+87.3 Z03^2+90.25 Z04^2+1.5 Z02 Z05+13.95 Z05^2+16.8 Z06^2+16. Z06 Z07+64. Z07^2+8. Z01 Z08+24. Z08^2+10. Z09^2+24. Z04 Z10+72. Z10^2\}$$

C7 Equation extrant 3

Expand[]

$$\{55.1 Z01^2+16.8 Z02^2+38.8 Z03^2+23.75 Z04^2+1. Z02 Z05+9.3 Z05^2+8.4 Z06^2+18. Z06 Z07+72. Z07^2+9. Z01 Z08+27. Z08^2+15. Z09^2+15. Z04 Z10+45. Z10^2\}$$

APPENDICE D : DONNEES D'ENTREE ET DE SORTIE

MOAMP

D1 DONNÉES D'ENTRÉE.....	88
D2 DONNÉES DE SORTIE.....	89

D1 Données d'entrée

Elles sont issues des équations précédemment obtenues en appendice C

Objectives	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z1Z2	Z1Z3	Z1Z8	Z1Z10	Z2Z5	Z2Z7	Z2Z9	Z4Z7	Z4Z10	Z5Z10	Z6Z7	Z6Z8	Z8Z9	Z8Z10
Max	1798,6	1041,6	1272,6	407,6	256,7	183,1	2127,2	336	180	1614,6	0	0	112	0	27,6	0	0	0	538,2	0	531,8	0	0	0
Max	52,2	58,8	87,3	90,3	13,9	16,8	64	24	10	72	0	0	8	0	1,5	0	0	0	24	0	16	0	0	0
Max	55,1	16,8	38,8	23,8	9,3	8,4	72	27	15	45	0	0	9	0	1	0	0	0	15	0	18	0	0	0

Constraints	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z1Z2	Z1Z3	Z1Z8	Z1Z10	Z2Z5	Z2Z7	Z2Z9	Z4Z7	Z4Z10	Z5Z10	Z6Z7	Z6Z8	Z8Z9	Z8Z10
≤ 190	10	78	6	36	7	15	50	13	17	32	-3	0	0	0	-0,5	0	-10	-2	0	0	0	-5	0	-10
≤ 54	15	4	2	4	2	5	20	8	13	15	0	-1	0	-4	0	-2	0	0	0	-1	0	0	-4	0

D2 Données de sortie

<u>Portefeuille 1 :</u>	<u>Portefeuille 2 :</u>	<u>Portefeuille 3 :</u>	<u>Portefeuille 4 :</u>
p2= 1	p2= 1	p2= 1	p2= 1
P3= 1	P3= 1	P3= 1	P3= 0
p5= 1	p5= 1	p5= 1	p5= 1
p6= 1	p6= 1	p6= 0	p6= 1
p8= 1	p8= 1	p8= 0	p8= 0
p14= 1	p14= 0	p14= 1	p14= 1
pa= 0	pa= 0	pa= 1	pa= 1
pb= 1	pb= 1	pb= 0	pb= 0
pc= 0	pc= 1	pc= 0	pc= 0
pd= 1	pd= 1	pd= 1	pd= 1
Valor Objt 1= 7586.6	Valor Objt 1= 7583.5	Valor Objt 1= 8567.5	Valor Objt 1= 8471.7
Valor Objt 2= 448.8	Valor Objt 2= 442	Valor Objt 2= 367.1	Valor Objt 2= 422.6
Valor Objt 3= 249.2	Valor Objt 3= 255.8	Valor Objt 3= 254.1	Valor Objt 3= 276.1
Constraint 1 177.5	Constraint 1 174.5	Constraint 1 188	Constraint 1 146
Constraint 2 49	Constraint 2 53	Constraint 2 54	Constraint 2 54

RÉFÉRENCES

- Aalto T. (2000), Strategies and methods for project portfolio management, TU-22.451, Seminar in Project Management, Helsinki University of Technology, 45p.
- Archer, N.P., Ghasemzadeh, F., (1999). An Integrated Framework for Project Portfolio Selection, *International Journal of Project Management*, Vol. 17, pp. 207 - 216.
- Arto K., Martinsuo M., Aalto T. (2001), Project Portfolio Management: Strategic Management through Projects, Project Management Association Finland, Helsinki, Finland, 176p.
- Ben Abdelaziz F., Aouni B. and El Fayedh R. (2007), Portfolio Selection through the Stochastic Goal Programming, *European Journal of Operational Research*, 177, 1811-1823.
- Boer F, (2003), Risk-adjusted valuation of R&D projects, *Research Technology Management*.
- Caballero, R., Gandibleux, X. and Molina, J. (2004) "MOAMP- A Generic Multiobjective Metaheuristic using an Adaptive Memory", Technical Report, University of Valenciennes, France.
- Caillet, R.(2003), Analyse multicritère: Étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie, CIRANO, Montréal.
- Chankong, V., Haimes, D. (1983), Multiobjective decision making theory and methodology, North-Holland, 406 pages.
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & al. (1997). Portfolio management in new product development: lessons from the leaders. *Research Technology Management*. 40: 43-52.
- Cooper, R. G., Kleinschmidt, E.J. (1987). What makes a new product a winner: success factors at the project level. *R&D Management*. 17: 175-189.
- Cooper, R.G. (2006), Managing Technologie Development projects, *Research Technology Management*, 49-6.
- Cooper, R.G., Edgett, S.J., Kleinshmidt, E.J.(2006), Portfolio Management "Fundamental for new product success", working paper N°12.
- Cooper, R.G., Edgett, S.J., Kleinschmidt, E.J. (2002), Optimizing the stage-gate process: What best-practice companies do-II , *Research Technology Management*; 45-6.
- Dhaenens C. et Talbi, El-G., Optimisation multi-critères, approche par métaheuristiques (<http://www.lifl.fr/~dhaenens>).
- Dickinson, W., Thornton, A.C., Graves, S. (2001), Technology Portfolio Management: Optimizing Interdependent Projects Over Multiple Time Periods, *IEEE Transactions on engineering Management*, 48-4.

- Eilat, H., Golany, B., Shtub, A., (2005). Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology, *European Journal of Operational Research*.
- Fernez-Walch, S., (2004), La problématique de portefeuille de projets : finalités et mise en oeuvre” dans Faire de la recherche en management de projet, coordonné par Gareil, G., Giard, V., Midler, C., Vuibert, pp. 209-224, Collection FNEGE
- Focke, A., Stummer, C., (2003). Strategic Technology Planning in Hospital Management, *OR Spectrum*, Vol. 25, pp. 161 - 182.
- Gareis, R. (1990). Management by projects: the management strategy of the "new" project-oriented company. Handbook of management by projects. R. Gareis. Vienne, Manz: 35-47.
- Ghasemzadeh, F., N. Archer, P. Iyogun. (1999). A zero-one model for project portfolio selection and scheduling. *Journal of the Operational Research Society* (1999) 50, 745-755.
- Ghazemzadeh F., Archer N.P. (2000), Project portfolio selection through decision support.
- Graves S., Ringuest J. (1999), Formulating R&D portfolios that account for risk, *Research Technology Management*, V.42-6, pp. 40-43
- Guitouni, A. et Martel J-M. (1997), Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method, Université Laval .
- Gustafsson, J. (2005), Portfolio optimization models for project valuation , Helsinki University of Technology, Systems Analysis Laboratory Research Reports A92.
- Gustafsson, J., Gustafson, T., Jantunien, P. (1999), Optimisation of multi-stage project portfolio in application of dynamic scenario optimisation, Mat-2.177 Project Work Seminar Preliminary Report, Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology.
- Hallerbach, W., Spronk, J., (2002). The Relevance of MCDM for Financial Decisions, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol. 11, pp. 187 - 195.
- Ibusuki, U. (2005), Cost Management in the Stage-Gate System, AACE International Transactions; ABI/INFORM Global, pg. IT41.
- Kone, O. (2008), Programmation linéaire en nombres entiers (PLNE) pour le problème de gestion de projet avec contraintes de ressources (RCPSP).
- Lee, W.L., Kim, S.H. (2001), An integrated approach for interdependent information system project selection, *International Journal of Project Management*, Vol. 19 No.2, pp.111-8.
- Lehtonen P, Martinsuo, M. (2006), TU-22.1426 Advanced Project-based Management II.
- Leroy, D., 2004, Des projets au management par projets, note de recherche pour l’obtention de l’habilitation à diriger des recherches en sciences de gestion, université des sciences et technologies de lille.

- Martel J-M. (1993), Aggregating preferences: utility function and outranking approaches, Université Laval.
- Martel, JM. (1999), L'aide multicritère à la décision, méthodes et applications, Faculté des sciences de l'administration, Annual Conference , Windsor, Ontario
- Martell, D.L., Gunn, E.A., Weintraub, A., (1998). Forest Management Challenges for Operational Researchers, *European Journal of Operational Research*, Vol. 104, pp. 1 - 17.
- Mavrotas,G., Diakoulaki, D. Capros, P., (2003), Combined MCDA-IP approach for project selection in the electricity market, *Annals of Operations Research*, #120, 159-170.
- Middleton M. (2001), Decision Trees Using TreePlan.
- Mild, P., Liesiö, J. and Salo, A., (2004), Multi-Criteria Capital Budgeting with Incomplete Preference Information, 15th Mini Euro conference, Coimbra, Portugal.
- Millier P, Juillet 2005, Modèle synthétique des conditions de succès d'un projet d'innovation.
- Molina, J., Laguna, M., Martí, R. and Caballero,R., (2005), SSPMO: A Scatter Tabu Search Procedure for Non-Linear Multiobjective Optimization.
- Mukherjee, K. (1994), Application of an interactive method for MOILP in project selection decision - A case from Indian coal mining industry, *International Journal of Production Economics*, 36:203-211.
- Parviz, F. (2005), A formalized Model for managing a Portfolio of internal projects, PE CCE, and Ginger Levin, Parviz F Rad; Ginger Levin, AACE International Transactions;; ABI/INFORM Global, pg. PM41.
- Raoul, C. (2001), Le pilotage dynamique des projets innovants dans un centre de R&D, Congrès Francophone du Management de Projet 2001, CRL1302.
- Royer, I. (2003), Les procédures décisionnelles et le développement de nouveaux produits, Lavoisier, *Revue française de gestion*, n° 139, 7-25.
- Schmidt, R.L., (1993), A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions. *IEEE Transactions on Engineering Management*, V. 40, 403-410.
- Soyera R, Tanyerib, K. (2006), Bayesian portfolio selection with multi-variate random variance models, *European Journal of Operational Research*, Vol171, pp.977-990.
- Spradlin, T., Kutoloski, D. M. (1999), Action-Oriented Portfolio Management, Vol. 42, No. 2, March-April, 1999, pp. 26-32.
- Spronk, J., Hallerbach, W. (1997), Financial Modelling: Where to Go? With an Illustration for Portfolio Management, *European Journal of Operational Research*, Vol. 99, pp. 113 - 125.
- Steuer, R.E., Na, P. (2003), Multiple Criteria Decision Making Combined with Finance: A Categorized Bibliographic Study, *European Journal of Operational Research*, Vol. 150, pp. 496-515.

- Stewart, T.J. (1991), A multi-criteria decision support system for R&D project selection, *Journal of Operational Research Society*, 42, 1, 17-26.
- Strauss, C., Stummer, C., (2002). Multiobjective Decision Support in IT-Risk Management, *International Journal of Technology & Decision Making*, Vol. 1, pp. 251 - 268.
- Stummer, C., Heidenberger, K., (2003). Interactive RD Portfolio Analysis with Project Interdependencies and Time Profiles of Multiple Objectives, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 50, pp. 175 -183.
- Terrien F, Janvier 2007, Sélection de portefeuilles de projets, Université du Québec à Rimouski, 87p.
- Thizy, J-M., Lane, D.E., Pissarides, S., Rawat, S. (1996), Interactive Multiple Criteria Optimization for Capital Budgeting in a Canadian Telecommunications Company, Multi-objective programming and Goal programming theories and applications, Springer-Verlag lecture notes in Economics and Mathematical Systems.
- Turner, J. R. (1993), The handbook of project-based management: improving the processes for achieving strategic objectives. London; New York, McGraw-Hill Book Co.
- Weistroffer, H.R., (2005), Decision support for portfolio problems, Virginia Commonwealth University, p145/148.
- Zopounidis, C. (1999), Multicriteria Decision Aid in Financial Management, *European Journal of Operational Research*, Vol. 119, pp. 404 - 415.
- Zopounidis, C., Doumpos, M., (2002). Multi-Criteria Decision Aid in Financial Decision Making: Methodologies and Literature Review, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol. 11, pp. 167 - 186.

