



**HAL**  
open science

## Management de portefeuilles de projets

Nassim Dehouche

► **To cite this version:**

Nassim Dehouche. Management de portefeuilles de projets: Modèles multicritère d'évaluation, de sélection et d'argumentation. Recherche opérationnelle [math.OC]. Université Paris-Dauphine, 2014. Français. NNT: 2014PA090017. tel-01348165v1

**HAL Id: tel-01348165**

**<https://theses.hal.science/tel-01348165v1>**

Submitted on 22 Jul 2016 (v1), last revised 16 Oct 2020 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright



---

---

## Dédicaces

À ma famille, ma mère Assia, mon père Hamid, ma sœur Manel, mon frère Mounir, ma compagne Ola. Sans votre amour, je ne serais rien.

À l'être humain exemplaire qu'est ma grand-mère Yemma Taoues. À mon grand-père Pahmed, qui m'a transmis le goût de l'océan.

À mon associé et ami Akil. À mes cousins et amis Reda et Nabil. À mes amis David, Rabah, Adel, Arthur. Veuillez agréer, Messieurs, l'expression de mes meilleurs sentiments d'amitié.

À toutes celles et ceux qui ont, par ordre chronologique, *fait* cette thèse : Zineb, Sabrina, Cécile, Zozima, Siham, Evelyn, Karjana, Amine, Zahra, Mme Vialatte, Karina, Tendayi, Alexandre, Mohamed, Kenza, Flora, Mme Ghrissi, Mme Cravenne.

---

## Remerciements

Merci au Pr. Daniel Vanderpooten d'avoir permis, par sa grande rigueur scientifique, son sens de l'écoute, et son soutien, que ce travail s'accomplisse.

Merci à lui, au Pr. Denis Bouyssou et au Pr. Vincent Mousseau d'avoir été mes professeurs depuis mon année de master, de m'avoir inspiré par leur travaux, et pour leurs remarques, suggestions, et critiques constructives suite à la présoutenance de cette thèse.

Merci au Pr. Yves De Smet et au Pr. Thierry Marchant d'avoir accepté d'évaluer ce travail de thèse.

Merci à Mme Chenitti, Mme Chikhaoui et Mme Tamen mes institutrices, de m'avoir appris tant de belles choses.



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>9</b>
0.1 Cadre d'étude . . . . .	11
0.2 Objectifs de cette thèse . . . . .	12
0.3 Plan de la thèse . . . . .	13
<b>1 Définitions préalables</b>	<b>15</b>
1.1 Définitions de certains problèmes d'aide à la décision . . . . .	16
1.1.1 Notations . . . . .	16
1.1.2 Problème de filtrage . . . . .	16
1.1.3 Problèmes d'Aide à la Décision (AMCD) non-contraints	16
1.1.4 Problèmes contraints . . . . .	17
1.2 Définitions d'un projet . . . . .	17
1.2.1 Typologies des projets . . . . .	19
1.3 Définition d'un portefeuille de projets . . . . .	20
1.3.1 L'évaluation de projets . . . . .	22
1.3.2 La sélection de portefeuilles de projets . . . . .	24
1.4 Définition du secteur public . . . . .	24
1.4.1 La difficulté à définir le secteur public . . . . .	24
1.4.2 Conséquences pour le processus d'aide à la décision . .	27
1.4.3 Spécificités de l'évaluation et sélection de projets publics à buts non-lucratifs . . . . .	28
<b>2 État de l'art</b>	<b>33</b>
2.1 L'échec de l'aide à la décision de sélection de portefeuilles de projets (SPP) . . . . .	34
2.2 Problèmes de filtrage . . . . .	35
2.3 La SPP comme un problème de choix . . . . .	38
2.3.1 Modèle de choix multiobjectifs . . . . .	38
2.3.2 Modèles multi-acteurs . . . . .	39
2.3.3 Modèles traitant l'incertitude et le risque . . . . .	40
2.3.4 Modèles considérant des dépendances entre projets . .	41

*TABLE DES MATIÈRES*

---

2.4	La SPP comme un problème de rangement . . . . .	42
2.5	La SPP comme un problème de tri . . . . .	43
2.6	La SPP comme un problème de tri contraint . . . . .	43
2.7	La SPP comme un problème d'allocation de ressources contraint	44
2.7.1	Modèles statiques d'allocation de ressources . . . . .	44
2.7.2	Modèles dynamiques d'allocation de ressources . . . . .	45
<b>3</b>	<b>Cadre de travail proposé</b>	<b>49</b>
3.1	Introduction . . . . .	50
3.2	Calibration des échelles des attributs . . . . .	50
3.3	Importance des Critères (IC) . . . . .	53
3.4	Un exemple : Calibration et définition de l'IC d'un critère de risque . . . . .	55
<b>4</b>	<b>Filtrage : Utilisation de la SWOT-dominance</b>	<b>57</b>
4.1	Relation de SWOT-dominance . . . . .	58
4.1.1	Hypothèses sous-jacentes . . . . .	58
4.1.2	Propriétés . . . . .	58
4.2	Application : Filtrage de projets . . . . .	59
4.2.1	Données du problème . . . . .	59
4.2.2	Méthode utilisée . . . . .	59
4.2.3	Critique de la méthode utilisée . . . . .	61
4.2.4	Une alternative aux méthodes de ratios . . . . .	62
4.2.5	Procédures de filtrage basées sur la SWOT-préférence .	65
<b>5</b>	<b>La SPP comme un problème de choix, de rangement ou de tri : l'approche SPADE (Structure de Préférence pour l'Aide à la DÉcision)</b>	<b>67</b>
5.1	Introduction . . . . .	68
5.2	Construction des Relations de Surclassement . . . . .	69
5.3	Procédures d'exploitation . . . . .	75
5.3.1	Monotonie d'une procédure de rangement . . . . .	75
5.3.2	Procédures proposées . . . . .	76
5.4	Application : Évaluation de sites potentiels pour la localisation d'une centrale nucléaire et brève comparaison avec deux autres modèles d'aide à la décision . . . . .	77
5.4.1	Données du problème . . . . .	78
5.4.2	Recommandation recherchée . . . . .	79
5.4.3	Remarques concernant les données du problème . . . . .	79
5.4.4	Résultats obtenus par les modèles U et S . . . . .	81



*TABLE DES MATIÈRES*

---

5.4.5	Remarques concernant les résultats obtenus par les modèles U et S . . . . .	81
5.4.6	Utilisation de SPADE sur la même application . . . . .	83
5.4.7	Interprétation des résultats obtenus par SPADE . . . . .	92
5.4.8	Comparaison des résultats obtenus par les trois modèles . . . . .	93
<b>6</b>	<b>La SPP comme un problème de tri contraint : l'approche RADAR (Règles d'Aide à la Décision et à l'ARgumentation)</b>	<b>99</b>
6.1	Motivations . . . . .	100
6.1.1	Système d'affectation à base de règles logiques . . . . .	101
6.1.2	Construction du modèle . . . . .	104
6.1.3	Instanciation du modèle . . . . .	109
6.1.4	Variables de décision . . . . .	112
6.1.5	Contraintes . . . . .	113
6.1.6	Fonction-objectif . . . . .	117
6.2	Application : Évaluation et sélection de projets UNDEF . . . . .	118
6.2.1	Données du problème . . . . .	118
6.2.2	Base de règles . . . . .	120
6.2.3	Résultats . . . . .	120
6.2.4	Conclusion . . . . .	122
6.2.5	Aspects computationnels . . . . .	124
6.2.6	Perspective d'amélioration . . . . .	125
	<b>Conclusion et perspectives</b>	<b>127</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>133</b>

*TABLE DES MATIÈRES*

---

# Introduction

La communication de « l'intérieur vers l'extérieur » commence par le *pourquoi* nous faisons les choses (une cause, une croyance), avant de se concentrer sur le *comment* (la méthodologie) et le *quoi* (les objets) [Sin09]. Commençons donc par le pourquoi de cette thèse. Nous croyons que le rôle de la recherche académique en aide à la décision est de fournir aux praticiens des modèles :

- qui découlent d'une bonne compréhension de leurs contextes de décision, et sont basés sur des fondations théoriques solides.
- dont l'implémentation est suffisamment flexible pour être adaptée au contexte décisionnel de l'organisation cliente.

Pour ce travail de recherche, nous croyons, comme Phillips et Bana e Costa dans [PeC07], que le rôle du modèle est d'apporter « une aide à la réflexion et à l'apprentissage de groupe, et non de donner la bonne réponse ou de trouver la solution optimale ». Nous supposons que l'utilisateur humain du modèle possède une bonne connaissance de son problème (connaissance qui comprend son jugement, son expérience, ses heuristiques, son intuition, mais aussi les données objectives auxquelles il a accès). Nous nous référons au cinquième des dix principes du *consulting en processus* de Schein [Sch99] : « Le client est le seul propriétaire du problème et des solutions ». Le rôle de l'analyste étant de guider le processus d'accomplissement de la tâche qui consiste à arriver à une priorisation approuvée par les utilisateurs, tandis que ceux-ci fournissent le contenu. L'analyste guide le décideur concernant la manière dont il peut penser à son problème, et non pas ce qu'il faut en penser [PeC07]. Le modèle est un outil de traitement de la difficulté calculatoire. Phillips parle de modèles « requis » par les problèmes, autrement dit suffisants en forme et en contenu pour la résolution du problème courant [Phi84]. Le modèle « assume que les propriétaires du problème et leurs conseillers, possèdent toute l'information nécessaire, que ce soit sous la forme de données brutes ou de jugements les concernant » [PeC07].

Le rôle du praticien est, selon nous, de conforter le décideur dans la décision qu'il prendra :

- en l'aidant à organiser ses connaissances et à clarifier sa compréhension de la situation ;
- en présentant les hypothèses du modèle le plus clairement possible ;
- en décomposant la décision en choix simples (celui, par exemple, de fixer le pouvoir de vote d'un critère évaluant le risque à 20%, ou l'utilité espérée de la localisation géographique d'un projet à 1.76, ou encore le choix de considérer le coût d'un projet comme l'une de ses forces), dont la décision finale est la conséquence logique ;
- en lui offrant des arguments scientifiques justifiant cette décision. Ces arguments peuvent être ceux ayant réellement conduit à la décision,

ou être des arguments construits après coup, mais qui expliquent rationnellement la décision.

Nous voyons donc l'élicitation des préférences comme une suite de choix, dont le décideur doit porter la responsabilité :

- Le processus l'aide à s'approprier et à mieux connaître sa décision finale.
- Il doit donc se dérouler dans un langage accessible au décideur. Il est nécessaire que ce dernier comprenne clairement la signification des choix qu'il est en train de faire.
- Il permet de réduire l'anxiété liée à la décision, en faisant en sorte que celle-ci soit prise progressivement, au fur et à mesure que les alternatives non choisies, sont mieux connues et explorées dans les limites que permettent le temps disponible et le réalisme du modèle.

## 0.1 Cadre d'étude

L'évaluation et la sélection de projets sont des tâches qui occupent une position centrale dans l'activité de management de projets, tant dans le secteur privé que public. Elles ont pour but d'aligner la configuration d'un portefeuille de projets avec les objectifs de l'organisation, exprimés typiquement en termes stratégiques ou techniques.

Dans le contexte actuel de réduction des dettes nationales, de baisse de confiance dans le leadership politique, d'une mondialisation de l'économie, et d'une concurrence accrue sur le marché libre, les opinions publiques sont de plus en plus sensibles aux dépenses des états. Il convient d'ajouter à cela l'impact qu'a eu la crise financière mondiale de la fin des années 2000 et début des années 2010, et qui a résulté en une diminution des ressources financières destinées aux projets publics. On peut ainsi lire, dans le rapport *Les Nations Unies Aujourd'hui*, de l'ONU (plus important organisme de financement de projets publics à buts non-lucratifs) que « depuis plusieurs années, l'ONU se trouve dans une situation financière globalement précaire du fait que de nombreux États membres continuent de ne pas acquitter intégralement et dans les délais leurs contributions obligatoires » [ONU10]. Les organismes de financement de projets publics subissent des pressions de plus en plus fortes pour démontrer qu'ils utilisent efficacement les ressources publiques.

Ce contexte a favorisé l'apparition de démarches de gestion axées sur le rendement dans le secteur public. L'utilisation de techniques de management issues du secteur privé y est aujourd'hui très répandue et le secteur privé est plus généralement vu comme un modèle à suivre en terme de gestion

budgétaire et managériale [Lie09]. La gestion orientée projet est à ce titre, l'une des grandes influences qu'a subies le secteur public. Le nombre toujours plus grand d'activités orientées projet dans ce secteur soulève, depuis un moment déjà, le besoin de méthodes et outils pour évaluer et sélectionner les projets, en prenant en compte ses spécificités [WH09].

### 0.2 Objectifs de cette thèse

Nous partons du constat que les outils d'aide à l'évaluation et à la sélection de projets (ESP) peinent, globalement, à gagner la confiance des utilisateurs, qui les perçoivent souvent comme opaques, dans le sens où les mécanismes utilisés par l'outil pour déterminer qu'un projet est bon ou mauvais, et la norme sur laquelle se base un tel jugement sont souvent difficiles à comprendre pour un utilisateur non expert en théorie de la décision. De ce fait, l'appropriation des recommandations est rendue difficile, et la justification des décisions est peu précise. Toujours au chapitre de l'accessibilité des outils, il est souvent nécessaire aux organisations orientées-projet d'adapter leurs systèmes de valeurs et principes de gestion à l'outil ou de former des personnels pour effectuer une telle translation. Peu d'outils sont suffisamment flexibles pour apprendre à parler, eux, le langage de l'organisation, en intégrant éventuellement les processus déjà en place. Par ailleurs, nous avançons l'observation que les travaux existant sur l'évaluation et la sélection de projets sont peu adaptés à certains contextes de décision, tels les projets publics (il s'agit de projets économiquement contrôlés par les États). Ceci découle de la non prise en compte de deux spécificités qui distinguent, selon nous, ces projets des projets privés, et que nous développons en section 1.4. Il s'agit brièvement de :

- Une plus grande divergence des points de vues et des systèmes de valeurs entre les porteurs de projets et l'organisme chargé de l'ESP, mais également une responsabilité d'équité et de transparence de ce dernier envers les porteurs de projets.
- Pour les projets public à buts non-lucratifs : une influence réduite du marché et plus généralement de l'environnement externe, sur la conduite du projet. Ceci fait qu'il n'existe pas toujours d'indicateurs de performances objectifs, pour évaluer ces projets et que des évaluations subjectives (avis d'expert) sont souvent plus pertinentes.

Comme nous le verrons au chapitre 2, un grand nombre de travaux d'aide à la décision de sélection de portefeuilles de projets sont, en effet, implicitement ou explicitement orientés vers des applications industrielles ou commerciales. Ils sont peu adaptés à des situations d'évaluation subjective par les pairs et

se basent essentiellement sur des mesures économiques. Enfin, il est commun que les méthodologies d'aide à l'évaluation de projets aient peu d'égard pour la propriété d'indépendance des recommandations par rapport à la constitution de l'ensemble d'alternatives. En clair, il est d'usage que les décisions dépendent de la manière dont les projets se comparent entre eux, alors qu'il est raisonnable d'espérer que ce ne soit pas le cas, étant donné que l'outil est sensé évaluer la qualité intrinsèque des projets, relativement à une norme bien définie. Pour répondre à ces besoins, nous avons conçu des méthodes d'aide à l'évaluation et la sélection de projets publics qui permettent :

- l'intégration d'évaluations subjectives (avis d'experts),
- l'identification et la formalisation des systèmes de valeur du décideur, sur lesquels seront basées à la fois l'aide à la décision et l'argumentation des décisions,
- la prise en considération de l'ensemble des conséquences qu'engendrent les projets, qu'elles soient quantifiables ou non.

L'application de chacune de ces méthodes s'effectue en cinq étapes :

1. Identifier les critères d'évaluation des projets et la terminologie du décideur.
2. Recueillir et modéliser les préférences.
3. Assurer la cohérence formelle du modèle.
4. Mettre en œuvre le modèle.
5. Analyser les résultats.

## 0.3 Plan de la thèse

Le contenu de ce travail de recherche sera présenté en six chapitres. Après cette introduction, nous définissons dans le premier chapitre certaines notions de base utiles à la compréhension de la suite de ce document. Le lecteur y trouvera notamment les définitions de différents types de problèmes d'aide à la décision, les définitions des notions de projet, de programmes et de portefeuilles de projets, ainsi que la définition du secteur public avec une discussion des points faisant la spécificité des projets publics.

Dans le deuxième chapitre nous passons en revue différentes publications ayant un intérêt pour ce travail de recherche.

Les contributions méthodologiques originales de cette thèse sont présentées dans les troisième, quatrième, cinquième et sixième chapitres.

Le troisième chapitre décrit le cadre de travail général que nous proposons, et qui se base sur l'analyse SWOT [Boh09], dont de nombreuses organisations orientées projet sont familières.

Le quatrième chapitre décrit un outil que nous proposons pour le traitement du problème dit de filtrage. Ce problème, consiste à éliminer les projets trop inadéquats, en préalable au processus d'évaluation. Nous illustrerons son utilisation, par comparaison à un autre modèle.

Le cinquième chapitre décrit une méthode générale d'ESP basée sur une relation de surclassement, que nous désignons par l'acronyme SPADE (pour Structure de Préférence pour l'Aide à la DÉcision). Nous assurons la validité théorique de cette approche en amont, en montrant qu'elle possède notamment la propriété de monotonie, et la polynomialité de sa complexité algorithmique, ce qui permet sa mise en œuvre en temps réel. Son utilisation sera illustrée par une application ayant trait à la localisation d'une centrale nucléaire, qui nous permettra également de comparer SPADE avec deux autres modèles d'aide à la décision.

Le sixième chapitre présente, une méthode d'ESP, basée sur des règles logiques, que nous désignons par l'acronyme RADAR (pour Règles d'Aide à la Décision et à l'ARgumentation). Tout comme SPADE, elle est utile pour aider à évaluer des projets et à identifier les meilleurs d'entre eux, mais de plus, elle permet la prise en compte de préférences à un niveau portefeuille, et la génération automatique d'arguments justifiant les décisions, ces arguments étant basés sur la qualité intrinsèque des projets eu égard à une norme de qualité fixe. Nous verrons que cela la rend particulièrement adaptée aux portefeuilles de projets publics. Nous proposons un programme linéaire en variables mixtes permettant de valider formellement ce modèle. Cependant sa résolution est nécessaire à chaque mise en œuvre de RADAR, ce qui limite son implémentation au temps différé. Autrement dit, il y aura dans le cas général, quelques heures de décalage entre le moment où on lui fournit les paramètres d'un problème, et celui où RADAR génère une recommandation et les arguments logiques la justifiant. Nous illustrons une telle implémentation par une application basée sur les données d'un appel à projet du fond des nations unies pour la démocratie (UNDEF).

Enfin, nous concluerons cette recherche par des observations concernant notre méthodologie, et ses perspectives d'amélioration.



# Chapitre 1

## Définitions préalables

### Résumé du chapitre

Le management de portefeuilles de projets désigne l'ensemble des méthodes et outils permettant à une organisation de planifier, d'évaluer, d'analyser, et de suivre l'exécution d'un ensemble de projets, ou de propositions de projets, partageant des ressources communes, ou concourant à la réalisation d'objectifs communs. Les modèles d'aide multicritère à la décision, de par leur capacité à structurer clairement les problèmes, à modéliser fidèlement les préférences et à agréger rationnellement les points de vues, se présentent comme les supports les plus adéquats à ce processus.

Dans ce chapitre, nous tenterons de donner des définitions claires de notions utiles à la compréhension du reste de ce document. Nous commencerons par définir les types de problèmes d'aide multicritère à la décision les plus couramment utilisés pour structurer la sélection de portefeuilles de projets. Nous nous intéresserons, ensuite, à notre principal objet d'étude, et définirons le projet, le portefeuille de projets et leurs processus d'évaluation et de sélection. Enfin, nous donnerons une définition moderne du secteur public basée sur les notions de contrôle économique et de responsabilité, et nous verrons que l'importance de l'argumentation des décisions découle de sa nature. Ceci nous permettra d'extrapoler, et d'affirmer que l'argumentation des décisions est importante dans tout contexte, public ou privé, dans lequel le propriétaire du processus de décision possède une responsabilité envers des acteurs externes. Les choix que nous avons fait dans la conception de nos méthodes peuvent être liés à un ou plusieurs points de ce chapitre. Le but étant de permettre aux praticiens d'adapter la méthode à leurs contextes de décision, en remettant éventuellement en question ces choix.

## 1.1 Définitions de certains problèmes d'aide à la décision

### 1.1.1 Notations

Nous considérons un ensemble  $A$  d'alternatives, chaque alternative étant décrite par un ensemble  $H = \{h_1, \dots, h_q, \dots, h_Q\}$  d'attributs. Un attribut  $h_q \in H$  est une application de  $A$  vers un domaine de valeurs  $D^q$ , continu ou discret. Lorsque le domaine  $D^q$  d'un attribut  $h_q$  est ordonné, nous désignons, plus spécifiquement,  $h_q$  par le terme *critère*. Nous notons  $D = D^1 \times \dots \times D^q \times \dots \times D^Q$  l'ensemble de tous les profils possibles pour une alternative, eu égard aux attributs dans  $H$ .

### 1.1.2 Problème de filtrage

**Définition 1.1.1** *Ce problème consiste à déterminer des exigences minimales d'adéquation que toute alternative de  $A$  doit vérifier, en vue d'être considérée pour une étape ultérieure du processus de décision. La résolution de ce problème peut, cependant, être considérée comme une aide à la décision suffisante et marquer la fin du processus.*

### 1.1.3 Problèmes d'Aide à la Décision (AMCD) non-contraints

#### Problème de choix

**Définition 1.1.2** *Ce problème consiste à déterminer la ou les meilleure(s) alternative(s) de  $A$ , eu égard à un système de valeur.*

#### Problème de rangement

**Définition 1.1.3** *Ce problème consiste à ordonner les alternatives de  $A$ , par ordre de désirabilité eu égard à un système de valeur.*

#### Problème de tri

**Définition 1.1.4** *Ce problème consiste à affecter les alternatives de  $A$ , dans des catégories prédéfinies  $C = \{C_1, \dots, C_l\}$ , eu égard à un système de valeur.*

Nous renvoyons le lecteur intéressé pour des définitions et des analyses détaillées de ces problématiques à [Roy93].

### 1.1.4 Problèmes contraints

#### Problème d'allocation de ressources

**Définition 1.1.5** *Ce problème consiste à déterminer des niveaux de ressources  $X = \{x_1, \dots, x_p, \dots, x_n\}$  à allouer à chaque alternative de  $A$ , chaque niveau de ressources étant un vecteur de valeurs continues ou discrètes. L'allocation est faite eu égard à un système de valeur et à un ensemble de contraintes explicites  $V$  sur  $X$ .*

#### Problème de tri contraint

**Définition 1.1.6** *Ce problème, introduit et étudié dans [MDF03], consiste à affecter les alternatives de  $A$ , dans des catégories prédéfinies  $C = \{C_1, \dots, C_l\}$ , eu égard à un système de valeur et à un ensemble de contraintes explicites  $V$ , sur la constitution des catégories de  $C$ .*

## 1.2 Définitions d'un projet

Donner une définition précise de la notion de projet n'est pas chose aisée. Différents auteurs en ont donné différentes définitions. Ces définitions varient notamment selon la perspective dans laquelle on se place, les acteurs impliqués et le secteur d'activité. Il convient également de noter que le terme « projet » possède un sens différent en français et en anglais. Si le dictionnaire Larousse (2012) définit le projet comme « idée de quelque chose à faire, que l'on présente dans ses grandes lignes », en anglais le projet désigne une notion concrète, incluant la planification, l'anticipation des risques, les acteurs impliqués, etc. Autrement dit, elle recouvre une conception plus concrète et pragmatique, qui appelle l'action. Nous parlerons, par la suite, de projet en ce sens. Nous résumons ici les définitions que nous avons trouvées les plus pertinentes.

**Norme Afnor X50-115 [Afn]** : Un projet est un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entreprises dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques.

**Norme ISO 10006 [ISO]** : Un projet est un processus unique, qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entreprises dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques telles que des contraintes de délais, de coûts et de

ressources.

**Declerk et al.(1980) [DEC80]** : Un projet est un ensemble d'actions limitées dans le temps et en interaction avec un environnement dans lequel le projet est réalisé.

**Giard (1991) [Gia91]** : Un projet est défini et mis en œuvre pour élaborer une réponse aux besoins d'un utilisateur, d'un client ou d'une clientèle. Il implique un objectif et des actions à entreprendre avec des ressources données. Les projets peuvent s'effectuer dans des entreprises de toutes tailles et tous secteurs. C'est un processus unique de transformation de ressources ayant pour but de répondre à un ou des objectifs précis, à l'intérieur de contraintes budgétaires et temporelles.

**Turner (1998) [Tur98]** : A project is an endeavour in which human, financial, and material resources are organized, under constraints of cost and time, so as to achieve beneficial change defined by quantitative and qualitative objectives.

Dans la présente recherche, nous avons choisi de retenir la définition du projet suivante, également proposée par Turner, dans [Tur98]. Nous considérerons ainsi, que le projet est « une organisation temporaire à laquelle sont assignées des ressources afin qu'elle effectue un travail conduisant à un changement bénéfique ».

- **Une organisation temporaire** : Un projet est une organisation temporaire. La vision d'un futur état désirable existe. Le travail permettant d'arriver à cet état nécessite des ressources identifiées. Une organisation dans laquelle ces ressources sont exploitées est créée. Cette organisation est temporaire du fait qu'elle n'existe que tant que l'état actuel diffère de l'état désirable futur et que des ressources y sont encore en exploitation. Un projet en tant que forme d'organisation est ainsi un vecteur de changement très efficace, C'est également une occasion d'expérimenter de nouvelles manière d'organiser le travail.
- **Ressources et travail** : Des ressources sont assemblées pour effectuer un travail. Ces ressources peuvent être humaines, matérielles, monétaires ou calendaires. Le travail effectué est par nature unique, inédit et innovant. Ce travail est évidemment effectué dans le but d'atteindre un certain nombre d'objectifs sous contraintes de temps, de coût et de qualité (comme tout travail humain!), mais la nature inédite du projet implique également une certaine part de risque. Certains objectifs récurrents nécessitent un travail répétitif de la part de l'or-

ganisation, mais des objectifs nouveaux nécessitent une organisation du travail unique, inédite et innovante. Par conséquent, le respect des contraintes de temps, coût et qualité y est plus difficile car l'organisation possède moins d'expérience sur laquelle se baser, ce qui induit un plus grand risque d'échec. C'est pourquoi il est d'usage que dès que le projet fournit le changement qui en est attendu, il soit démantelé et l'organisation routinière du travail adoptée pour gérer le capital qu'il aura créé.

- **Changement bénéfique** : Il s'agit de l'impact qu'a le travail dans l'amélioration des performances ou de la qualité d'un champ d'intérêt de l'organisation (interne comme son profit ou ses connaissances, ou externe comme ses compétiteurs, son environnement ou la société dans son ensemble). Cet impact contribue à l'atteinte des objectifs stratégiques de l'organisation.

### 1.2.1 Typologies des projets

#### Typologie push-pull

- Projets push : Ce sont des projets qui créent les besoins ou les marchés. Il s'agit de projets exploratoires, dont les objectifs sont nécessairement imprécis. Ils deviennent de plus en plus spécifiques au fur et à mesure de l'avancement du projet. Il s'agit typiquement de projets de recherche et développement ou de conception de produits innovants.
- Projets pull : Contrairement aux projets push, les projets pulls sont tirés par les besoins du marché. Il s'agit de projets dont la finalité est la résolution d'un problème bien défini ou la conception/amélioration d'un produit déjà existant sur le marché.
- Projets push-pull : Le projet push-pull est à la croisée des deux précédentes catégories. Il est plus sensible aux pressions de la recherche et du marketing et sera considéré, selon les influences exercées, comme un projet push ou comme un projet pull.

#### Typologie selon la finalité du projet

Cette typologie, la plus courante, peut être présentée de diverses manières :

- Suivant la nature des biens ou services produits : projets de production de biens matériels et projets de production de services.
- Suivant le type de consommation auquel le produit donne lieu : projets de production destinée à la demande intérieure et projets d'exportation, projets économiques et projets sociaux, projets de production

marchande et projets de production non marchande.

### **Typologie selon la durée de vie du projet**

La durée de vie du projet est le temps séparant le lancement du projet de l'atteinte de ses objectifs ou de son abandon. On peut ainsi distinguer :

- Projets de production immédiate.
- Projets de production différée.

### **Typologie selon l'initiateur de l'appel à projets**

Cette typologie est celle qui possède les conséquences les plus importantes sur la conception d'un processus d'évaluation et de sélection des projets. On peut distinguer trois types de projets en fonction de leur initiateur :

- Projets émanant de firmes à buts lucratifs : Il s'agit typiquement de projets commerciaux dont la finalité est la création d'un produit, d'un service ou d'un process.
- Projets émanant d'organisations publiques à buts lucratifs : Les finalités de ces projets peuvent être commerciales, mais typiquement ils fournissent également un service public (il peut s'agir par exemple d'approvisionnement énergétique, distribution de courrier ou soins).
- Projets émanant d'organisations qui n'aspirent pas au profit : Ces projets se distinguent par le fait que leurs bénéfices sont principalement sociétaux et/ou environnementaux et que leur retombées purement économiques sont difficiles à monétiser (les projets de recherche fondamentale, les projets culturels, les projets de défense ou d'éducation sont des exemples de tels projets).

## **1.3 Définition d'un portefeuille de projets**

Le projet a été vu, traditionnellement et de manière restrictive, comme une organisation temporaire à l'intérieur de l'organisation-mère, consommant des ressources qui lui sont propres, et délivrant un bénéfice indépendant des autres projets ou opérations. Un chantier de construction d'immeuble est représentatif de cette conception, mené dans un périmètre délimité, par une équipe dédiée, les ressources qu'il utilise lui sont propres, et le bénéfice qui en est attendu peut être apprécié de manière indépendante : il ne dépend pas de l'échec ou du succès d'un autre projet. Cependant, l'organisation orientée-projet, à partir d'une certaine taille, mène rarement ses projets de manière isolée et indépendante. Ainsi, le projet présente souvent des dépendances

### 1.3. DÉFINITION D'UN PORTEFEUILLE DE PROJETS

---

avec d'autres projets ou opérations, avec lesquels il partage des ressources ou des objectifs communs, constituant ainsi un portefeuille ou un programme.

À un niveau de gestion supérieur à celui du projet, on trouve donc le programme. Il s'agit d'un groupe de projets contribuant à l'atteinte d'objectifs ou de buts<sup>1</sup> communs.

[Tur98] définit astucieusement la principale distinction entre projet et programme en terme de type d'objectifs. Les projets ont des objectifs labélisés SMART (Specific, Mesurable, Achievable, Realistic and Timelined), quand les objectifs d'un programme sont smARt : s'ils sont atteignables et réalistes, ils sont souvent moins spécifiques, plus difficiles à quantifier et leur atteinte est rarement soumise à un calendrier.

Le portefeuille est un ensemble de projets partageant une ressource commune (le programme possède des outputs communs, le portefeuille des inputs communs). Ces ressources peuvent être humaines ou budgétaires, mais aussi des connaissances et des technologies. Ceci a plusieurs conséquences sur la gestion d'un portefeuille de projets :

- Les projets doivent être priorisés au regard des ressources disponibles. Les ressources étant limitées, seul un nombre restreint de projets peuvent être entrepris.
- Une fois sélectionnés les projets à intégrer au portefeuille, il est nécessaire de répartir, entre eux, les ressources disponibles.
- Enfin, ils sont inter-dépendants par des éléments essentiels à leur achèvement : des données, des procédés, des connaissances, etc. ce qui peut être une source d'incertitude dans leur évaluation. Incertitude plus ou moins importante selon l'environnement dans lequel les projets sont gérés, le degré de coopération entre leurs gestionnaires individuels, la manière dont est organisée la négociation de l'allocation de ressources, etc.

La distinction entre programme et portefeuille semble avoir pour but une normalisation de la terminologie<sup>2</sup>, plutôt que la description d'une réalité inhérente aux objets d'étude. Elle est donc certainement utile pour décrire la perception que peut avoir un manager d'un groupe de projets inter-dépendants, et des aspects qu'il juge important, mais elle n'est pas fondamentale. Par ailleurs, il existe des dépendances techniques plus complexes qu'en terme

---

1. Les buts sont de brèves déclarations d'intention relativement générales et floues. Ils diffèrent des objectifs en ce sens qu'ils sont moins spécifiques, généralement non mesurables, et qu'il est généralement subjectif d'évaluer leur atteinte. Un exemple de but : "Le programme doit permettre d'assainir nos parcs nationaux".

2. Les deux termes étaient utilisés bien avant que la distinction ne soit introduite. Par ailleurs, nous avons constaté empiriquement qu'ils sont parfois utilisés sans distinction, par des organisations, afin de désigner un même ensemble de projets inter-dépendants.

d'*inputs* ou d'*outputs*, et qui ne rentrent donc pas dans le cadre de cette définition, par exemple :

- Projets techniquement compatibles : Ce sont les projets que l'on peut réaliser simultanément du moment que les ressources disponibles le permettent.
- Projets techniquement incompatibles : Indépendamment de toutes considérations de ressources, il s'agit des projets qui ne peuvent être réalisés simultanément en raison de leurs finalités. Par exemple, si leurs finalités sont des produits qui se cannibaliseront sur un marché donné.
- Projets liés : Il s'agit des projets qui ne peuvent être réalisés que conjointement.

Dans la suite, nous utiliserons donc le terme *portefeuille*, sans distinction, pour tout groupe de projets inter-dépendants.

La hiérarchie projet/portefeuille impose un double niveau d'évaluation. En effet, elle rend nécessaire, non seulement l'évaluation du niveau d'atteinte des objectifs de chaque projet pris individuellement, mais il convient également de renseigner sur le niveau d'atteinte des objectifs globaux assignés au portefeuille. Ceci est particulièrement important lorsque la sélection s'opère sur des projets hétérogènes (de par leur taille, leur nature, etc.) qui peuvent nécessiter l'utilisation de procédés d'évaluation différents. Toutefois, l'évaluation du niveau d'atteinte des objectifs du portefeuille dans sa globalité doit permettre d'intercomparer les projets au-delà de cette hétérogénéité. De même les recommandations qui découlent de l'évaluation peuvent être faites à ces deux niveaux, et porter sur les projets individuels (décisions de type Go/Kill [Tur98]) ou sur la constitution du portefeuille de projets dans son ensemble.

### 1.3.1 L'évaluation de projets

**Définition 1.3.1** *L'évaluation de projets est définie comme la recherche d'indicateurs permettant d'apprécier leurs aspects positifs et négatifs relativement à des objectifs définis au préalable [Gar94]. Le but de l'évaluation est de concourir à la prise de décision.*

Un indicateur doit posséder les caractéristiques suivantes pour être bien fondé :

- **Fiabilité** : L'indicateur ne doit pas présenter de déformation selon l'observateur.



### 1.3. DÉFINITION D'UN PORTEFEUILLE DE PROJETS

---

- **Pertinence** : L'indicateur doit présenter une information conforme à l'aspect qu'il doit évaluer.
- **Sensibilité** : L'indicateur doit révéler toute modification, même marginale, de la situation.
- **Simplicité** : L'indicateur doit être facile à mesurer pour éviter tout risque d'erreur.
- **Clarté** : L'indicateur ne doit pas présenter d'ambiguïté afin de faciliter la prise de décision.

L'information utile à l'évaluation peut être quantitative ou qualitative. La nature de l'information détermine le type de méthode d'évaluation à utiliser.

- **L'information quantitative** : Il s'agit des aspects mesurables en termes monétaires ou physiques. Pour le projet, il s'agit par exemple des facteurs de production, recettes, dépenses, etc. Des techniques telles que l'actuariat, l'analyse de risques, la comptabilité analytique, ou encore l'analyse coût/bénéfices, sont typiquement utilisées pour recueillir ce type d'information.
- **L'information qualitative** : Il s'agit des aspects qui ne peuvent pas s'exprimer aisément en termes monétaires. Pour le projet, il s'agit par exemple des impacts environnementaux ou sociétaux, du transfert technologique, du savoir-faire des équipes, etc. Dans certains contextes, l'information qualitative est monétisée à l'aide de l'analyse coût/bénéfice mais cette technique possède ses limites [Fra00, RD01]. L'analyse multicritère basée sur des jugements experts est souvent plus adéquate.

Par ailleurs, la production de ces connaissances possède, en soi, un intérêt pour l'organisation et/ou pour d'autres acteurs. Pour l'organisation orientée-projet, ces connaissances peuvent être un moteur du changement global, dans une approche du bas vers le haut. [BGS04, Tur98]. Ces connaissances sont également utiles pour justifier les décisions de rejet et aider au suivi et à la gestion des projets sélectionnés [BC10].

L'évaluation de projets peut aussi être vue comme un audit des projets au bénéfice des porteurs de projets [GM08]. En outre, la gestion et le maintien à jour de ces connaissances, face aux changements dans l'environnement ou la configuration des projets, constitue une nécessité.

En outre, le processus d'évaluation est souvent l'étape durant laquelle les différences de points de vue entre les différentes parties prenantes apparaissent le plus sensiblement, et leur conséquences doivent donc être contrôlées dans la mesure du possible. En parallèle, il s'agit également de maintenir la richesse des discussions. L'intégration d'un système d'aide à la décision

parmi les processus déjà en place dans l'organisation doit être la plus douce possible. L'un des buts secondaires du processus d'évaluation est de fournir aux évaluateurs un langage commun qui les aiderait à exprimer leurs jugements. Enfin, il assure la préservation de certains principes de rationalité, en contrôlant les effets de la subjectivité des évaluations.

### 1.3.2 La sélection de portefeuilles de projets

Le terme *sélection* fait penser à des décisions de nature binaire (le choix d'intégrer ou non un projet donné au portefeuille, ou encore de choisir un portefeuille donné plutôt qu'un autre). Une définition de la sélection de portefeuilles de projets doit évidemment englober cette conception. Cependant, et comme l'ont observé Beaujon et al. [BMM01] la décision de financement de projets n'est pas binaire, mais peut être ajustée de manière continue. Kavadias et al. [KLT06] se basent sur cette même observation et considèrent des limites inférieure et supérieure à ce financement. Notre définition englobe donc aussi bien les problèmes de nature continue (quel niveau de ressource allouer et quand l'allouer) que discrète (décision d'intégrer ou non un projet au portefeuille, de sélectionner un portefeuille ou autre). Nous définissons ainsi le problème tel qu'il se pose à l'organisation :

**Définition 1.3.2** *Étant donné un ensemble  $A$  de projets, le problème de sélection de portefeuilles de projets consiste à sélectionner un sous-ensemble des meilleurs projets et à leur affecter les ressources disponibles.*

## 1.4 Définition du secteur public

### 1.4.1 La difficulté à définir le secteur public

De nombreux États encouragent et participent à des partenariats avec le secteur privé et font appel à des contractants ou sous-traitants privés pour fournir des services publics [Blo05]. Certaines fonctions et activités traditionnellement monopolisées par le secteur public (énergie, éducation, poste, etc.), sont maintenant, soit assurées par des acteurs privés et encadrées par l'État, soit entièrement transférées à ces acteurs. Par ailleurs, des pratiques de gestion et de comptabilité issues du secteur privé ont influencé la manière dont les finances publiques sont gérées [Cha02]. Ce contexte a rendu la frontière entre les secteurs privé et public de plus en plus mince, et pose la difficulté à définir le secteur public à travers le monde, de manière cohérente et précise.

### Les limites d'une définition fonctionnelle

Une approche longtemps utilisée pour définir le secteur public est de le faire à travers les différentes fonctions qu'il est sensé assurer, le « service public ». Dans la version 2001 du rapport annuel *Government Financial Statistics* du fond monétaire international [IMF01], la classification « fonction du gouvernement » (FDG) est utilisée comme une catégorie de dépenses publiques faisant l'unanimité internationalement.

Le problème avec cette catégorisation fonctionnelle, d'après [Lie09], est que la majorité de ces fonctions est également assurée par le secteur privé. Par exemple, quatre catégories de FDG sont partagées avec le secteur privé : la santé et l'éducation (en France, par exemple, il est possible de se soigner et de s'instruire dans des établissements privés), et la protection sociale et environnementale (depuis 2006, il est également possible de quitter le régime de la sécurité sociale pour souscrire à des assurances privées françaises ou étrangères ; en outre, des fondations privées telles que les fondations EDF, SHELL France ou TOTAL sont actives dans la protection de l'environnement). Au delà de l'exemple de la France, le degré d'implication du secteur privé dans les FDG varie considérablement à travers le monde, et dépend des facteurs politiques et culturels locaux, et de ce qui est admis comme étant le rôle du gouvernement dans la société. Deux fonctions principales sont admises, partout dans le monde, comme étant des quasi-monopoles du secteur public : la défense et les affaires étrangères. Cependant, et même pour les affaires de défense, les gouvernements peuvent s'appuyer sur des partenaires étrangers, des organisations mufti-latérales ou des contractants issus du secteur privé.

Il est par conséquent impossible de définir le secteur public sur la base du « service public ».

### Définition du secteur public en terme de propriété

Le concept de propriété est crucial pour la délimitation des secteurs public et privé. Le secteur privé est ainsi défini comme étant l'ensemble des entités économiques sous le contrôle et la propriété d'acteurs économiques autres que les États. Les organisations à buts non-lucratifs de propriété privée font également partie de ce secteur. Similairement, le secteur public est l'ensemble des organisations à buts lucratifs ou non-lucratifs qui sont propriété et sous contrôle économique des États. La table 1.1 représente la division entre les secteurs privé et public.

## CHAPITRE 1. DÉFINITIONS PRÉALABLES

---

Propriété \ Buts	lucratifs	non-lucratifs
privée	1.1. Entreprises privées	1.2. Organisations et fondations privées à buts non-lucratifs
publique	2.1. Entreprises publiques	2.2. Organismes publics à buts non-lucratifs

TABLE 1.1 – Définition du secteur public tirée de [Lie09]. Nous nous intéressons aux organisations de type 2.1. et 2.2.

La propriété est définie comme étant la « possession et le contrôle d’avoirs financiers, mobiliers, immobiliers ou intellectuels. Elle implique une responsabilité concernant les actions entreprises à travers la propriété, et des droits garantis par la loi » [Lie09].

Dans le contexte d’un appel à projets il s’agit de la propriété du budget alloué au portefeuille de projet. La propriété et le contrôle de cet avoir détermine l’appartenance du portefeuille au secteur public ou privé. La responsabilité concernant les actions entreprises à travers cette propriété est l’une des spécificités des appels à projets publics. En effet, cette responsabilité d’œuvrer pour le bien-être public, est plus étendue puisqu’elle touche des acteurs ayant des intérêts qui peuvent diverger beaucoup plus sensiblement que dans le secteur privé.

Cette délimitation des deux secteurs est à nuancer par la notion de contrôle économique. Cette notion peut être plus ou moins floue, par exemple dans le cas d’une entreprise qui serait une propriété majoritairement privée, mais dont les politiques internes sont définies par le gouvernement (c’est le cas par exemple dans des secteurs très régulés comme l’industrie pharmaceutique [GTU07]). Un gouvernement contrôle une firme s’il a le pouvoir de gouverner ces politiques financières et opérationnelles de manière à faire bénéficier le public de ses activités [IFA08].

### Le cas des agences gouvernementales

Ces dernières années ont vu l’émergence de multiples agences gouvernementales autonomes, comme des instruments de management public moderne. La classification de nombre de ces agences peut être problématique. Dans plusieurs cas, il est attendu de ces agences qu’elles se comportent comme des entités commerciales. Elles sont par exemple autorisées à lever leurs propres fonds, en facturant des services ou en bénéficiant de brevets, même si dans de nombreux pays de l’OCDE (comme la France), leurs budgets sont

votés par le parlement. En gardant à l'esprit notre classification basée sur le contrôle économique (et la responsabilité sociétale qu'il implique), nous considérerons ces agences comme faisant partie du secteur public à buts non-lucratifs.

### 1.4.2 Conséquences pour le processus d'aide à la décision

La distinction entre projets publics et privés n'est pas clairement établie [IMF01]. Par conséquent un outil d'aide à la décision ne peut pas se prétendre universellement valide pour les problèmes de sélection de portefeuilles de projets dans ce secteur. Cependant, la frontière entre secteurs privé et public existe et n'est pas de nature fonctionnelle, mais est plus précisément définie en terme de propriété de l'unité organisationnelle. La *propriété économique*, autrement dit l'alignement avec les intérêts et le système de valeur d'un acteur qui contrôle l'unité institutionnelle, étant ici plus importante que la *propriété majoritaire* [Lie09]. Cette propriété économique induit une responsabilité des acteurs publics d'œuvrer pour le bien être public, qui comprend celui des porteurs de projets. Elle se traduit notamment par un devoir de transparence et d'équité des processus d'évaluation et de sélection de projets. La sélection de portefeuilles de projets publics est ainsi de nature quelque peu paradoxale. En effet, deux principes contradictoires, introduits dans [PeC07], sont importants dans ce contexte.

- Comme noté par Phillips et Bana e Costa dans [PeC07], et avant eux par Sharpe et Keelin dans [SK98], une allocation efficace des ressources n'est pas qu'une simple question technique consistant à utiliser le bon modèle. Les questions de transparence, de confiance (des utilisateurs dans le modèle) et d'équité sont tout aussi importantes. **Le principe d'équité** veut que la valeur intrinsèque de chaque projet soit évaluée eu égard à une norme fixe, ce qui implique des jugements de valeur absolus.
- Une compétition entre projets pour intégrer le portefeuille est la conséquence directe du **principe de valeur pour la monnaie**. Elle contraint à optimiser la valeur globale et à exprimer des préférences sur la composition du portefeuille. Elle conduit donc à des jugements de valeur relatifs.

### 1.4.3 Spécificités de l'évaluation et sélection de projets publics à buts non-lucratifs

#### Projets à buts lucratifs

1. Décisions à prendre

L'organisation à buts lucratifs possède un contrôle relatif sur les facteurs internes du projet, sa construction et l'allocation de ressources (monétaires, humaines, calendaires). La décision concerne ces facteurs, qui peuvent être inter-dépendants pour un certain nombre de projets.

2. Processus d'évaluation

Ce qui doit être évalué est essentiellement la manière dont des facteurs externes pourraient influencer le déroulement du projet. Autrement dit, l'impact que pourrait avoir l'environnement externe du projet (marché, concurrents, législation, etc.) sur la réalisation de ses objectifs. Cet impact est communément évalué par des indicateurs clés de performance tels que la Valeur Actualisée Nette (VAN), le Taux de Rendement Interne (TRI), des indicateurs de risques, probabilités de succès, etc.

3. Objectifs

À la lumière du processus d'évaluation, l'organisation à buts lucratifs souhaite sélectionner l'ensemble de projets présentant la plus grande valeur potentielle pour une ou plusieurs parties prenantes, dont les intérêts peuvent diverger mais ces divergences sont limitées par l'objectif global de la firme : typiquement, la maximisation du profit ou de la valeur pour les actionnaires [Eli96].

#### Projets à buts non-lucratifs

Les projets à buts non-lucratifs sont communément financés par un acteur externe à l'équipe du projet (une agence de financement publique ou un sponsor privé). Par conséquent, les processus d'évaluation et de sélection dans ce secteur présentent des caractéristiques différentes.

1. Décisions à prendre

L'organisation à buts non-lucratifs possède peu de contrôle sur les facteurs internes du projet. Lorsque les projets lui sont proposés, les soumissionnaires ont généralement déjà organisé les projets, estimé leurs besoins en termes de ressources et établi un calendrier. Elle doit décider de l'opportunité de financer chaque projet et peut éventuellement proposer un niveau de financement si le projet est sélectionné.

#### 1.4. DÉFINITION DU SECTEUR PUBLIC

---

En cas de rejet, il en est attendu une justification aussi exhaustive que possible de sa décision.

##### 2. Processus d'évaluation

L'organisation à buts non-lucratifs évalue les soumissions, en se concentrant essentiellement sur les facteurs internes. Pour des projets de ce type, les facteurs externes ont une influence limitée sur le succès ou l'échec du projet. Le processus d'évaluation est typiquement conduit par un comité d'experts du domaine auquel le projet se rattache. Les travaux de ce comité peuvent être vus comme un audit externe des projets, dans le sens où les connaissances qu'il génère peuvent avoir de la valeur pour les équipes soumissionnaires. Le processus de sélection de projets publics présente une autre caractéristique importante. Il est attendu que les projets y soient évalués de manière équitable selon une norme stable et transparente et les effets individuels ou collectifs de rationalité limitée doivent être identifiés et contrôlés autant que faire se peut.

##### 3. Objectifs

Dans le secteur public, la sélection de projets implique généralement des parties prenantes multiples dont les intérêts peuvent diverger de manière notable.

L'agence de financement, représentant le bien-être public, vise à financer l'ensemble de projets qui satisfont au mieux aux objectifs de l'appel à projets. Une autre de ses responsabilités est d'assurer l'équité du processus. Enfin, elle a une responsabilité de transparence, autrement dit elle doit faire le meilleur usage possible des connaissances sur les projets qui auront été créés durant la phase d'évaluation, afin de justifier ses décisions auprès des soumissionnaires et de l'opinion publique, et de l'utiliser pour le suivi des projets sélectionnés. Les soumissionnaires, d'un autre côté, visent à bénéficier d'une évaluation précise de leurs projets par un comité impartial d'experts et s'attendent à une argumentation constructive si leur projet est rejeté et à un support financier et managérial de l'agence de financement sinon.

L'organisation du processus de sélection est un autre élément qui peut distinguer l'évaluation et sélection de projets à buts non-lucratifs. Ainsi, le comité qui conduit le processus se compose communément d'experts dont le nombre et la disponibilité sont limités. Ces experts, qui présentent une diversité de points de vue et systèmes de valeurs, peuvent aborder le processus d'évaluation avec des compréhensions différentes des enjeux de l'appel à projet. Les travaux du comité sont typiquement chapeautés par un président (décideur) dont la mission est de faire la meilleure exploitation possible des

recommandations des experts ainsi que des connaissances sur les soumissions créées durant le processus d'évaluation, dans le but de prendre les décisions (sélectionner le portefeuille de projets) qui satisfont au mieux aux intérêts des différents acteurs impliqués. La Figure 1.1 illustre l'organisation d'un processus de sélection. Un système d'aide à la décision (SAD) de sélection de portefeuilles de projets dans le secteur public peut être alternativement vu comme multi-acteurs ou comme mono-acteur, en fonction du niveau auquel l'aide à la décision intervient.

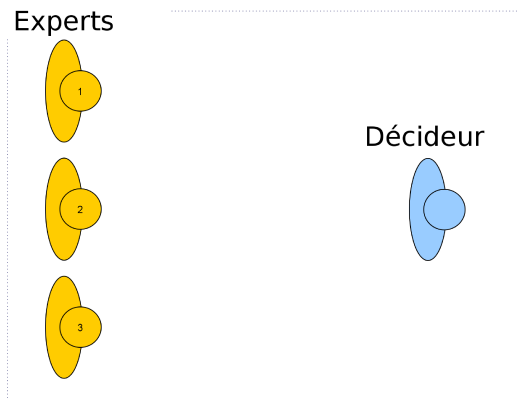


FIGURE 1.1 – Constitution d'un comité d'évaluation et de sélection

- Si nous considérons les expertises comme de multiples systèmes de préférences parmi lesquels un consensus doit être établi et une recommandation faite au décideur, nous sommes dans une situation multi-acteurs. Il s'agit alors de construire un modèle de préférences consensuel qui reproduirait au mieux les préférences exprimées (emphasis sur l'établissement de consensus). L'utilisation d'une méthodologie d'aide à la décision de groupe est ici pertinente [MDD07]. La Figure 1.2 illustre une configuration multi-acteurs.
- Si nous considérons les expertises comme des données fournies au décideur afin que celui-ci exprime ses préférences au système, nous sommes dans un contexte de décision mono-acteur classique. La Figure 1.3 illustre ce type de configuration. L'élicitation des préférences doit permettre au décideur d'exprimer ses préférences au système de façon à préserver au mieux la qualité et la finesse des expertises (emphasis sur l'élicitation des préférences qui est l'un de nos principaux intérêts de recherche). Le travail de recherche a été initié par l'étude d'un contexte de décision réel (comités d'évaluation et de sélection de projets à l'Agence Nationale de la Recherche). Ces comités sont dirigés par un président, se basant sur



#### 1.4. DÉFINITION DU SECTEUR PUBLIC

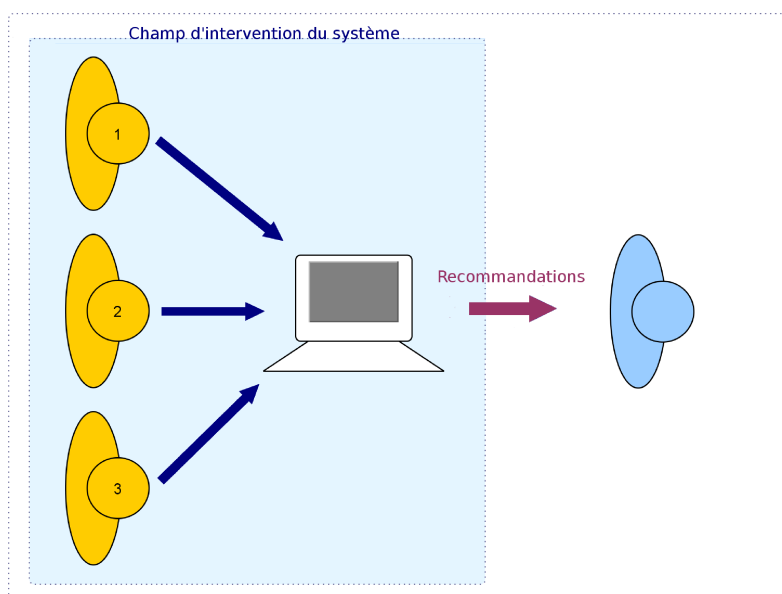


FIGURE 1.2 – Système multi-acteurs

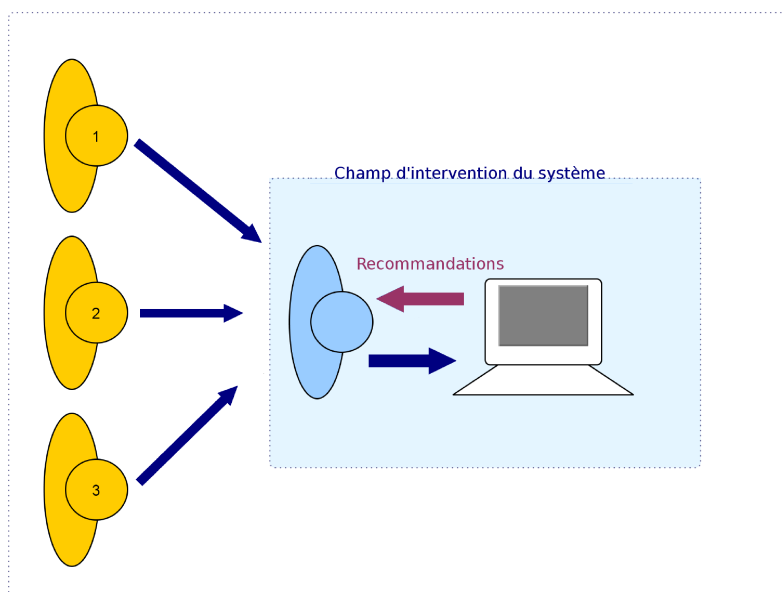


FIGURE 1.3 – Système mono-acteur

des avis d'évaluateurs, qui peuvent faire appel à des experts pour les projets dont ils ont la charge. Nous avons donc choisi ce dernier type de modélisation.



# Chapitre 2

## État de l'art

### Résumé du chapitre

Dans ce chapitre, nous passerons en revue différents travaux pertinents pour cette recherche, et proposerons une classification des méthodes d'évaluation et de sélection de portefeuilles de projets basée sur les problématiques traitées et les types de modèles utilisés. Cette revue de littérature nous permettra, par la suite, de situer nos contributions méthodologiques par rapport à l'état de l'art.

## 2.1 L'échec de l'aide à la décision de sélection de portefeuilles de projets (SPP)

Précédant le traitement des problèmes opérationnels et managériaux liés à l'allocation de ressources entre plusieurs projets et qui ont notamment été cartographiés et analysés par Engwall et Jerbrant dans [EJ03], et succédant à l'évaluation des projets, et au choix d'une procédure de sélection, qui est, en soi, problématique [BCS07], la sélection de portefeuilles de projets présente des difficultés résultant de plusieurs facteurs :

- Le nombre de portefeuilles réalisables, souvent énorme.
- L'existence d'objectifs multiples et souvent conflictuels.
- L'incertitude dans l'évaluation de ces objectifs.
- Le fait que l'investissement et la consommation de ressources peuvent ne pas être uniformes en fonction du temps.

Des recherches ont, par ailleurs, noté que la non-prise en compte de limitations de ressources dans les modèles, peut faire que des projets soient sélectionnés et financés, mais qu'il ne soient jamais achevés. Dans ce type de situation, un SAD intégrant implicitement les limitations de ressources aurait pu éviter de telles erreurs [SZJ93].

Parmi les techniques disponibles, les techniques de choix et d'allocation de ressources sous contraintes sont les plus répandues et traitent, comme nous le verrons, la plupart de ces difficultés. Cependant, comme le notent Ghasemzadeh et Archer dans [AG00] : « Un grand nombre des techniques de sélection de portefeuilles de projets publiées ne sont pas utilisées en pratique ». D'après ces auteurs cela tient au fait qu'elles sont trop complexes, nécessitent un trop grand nombre de données en entrée, et il peut être difficile aux décideurs de les comprendre et de les utiliser. Dans leur passage en revue des méthodes de sélection de portefeuilles de projets de R&D [WWZ90], Weber et al. notent également que plusieurs « investigations empiriques s'accordent pour affirmer la nécessité croissante de systèmes *user-friendly* pour aider au management de la R&D ». Enfin, Hess dans [Hes93] fait un constat définitif. Nous reprenons sa conclusion : « management science has failed altogether to implement project selection models ; we have proposed more and more sophistication with less and less practical impact ». Cette sophistication, au détriment de l'impact pratique est explicitement identifiée comme un problème par Phillips et Bana e Costa dans [PeC07]. Ces auteurs notent ainsi que « globalement, un challenge important pour les analystes est la gestion du compromis entre une modélisation de plus en plus sophistiquée et une plus grande attention aux processus sociaux ». Ils se basent sur leur expérience pour affirmer que le temps passé sur les processus sociaux de

prise de décision crée plus de valeur que celui passé sur la sophistication des modèles. Keisler dans [Kei05] l'a montré et fait la prescription suivante : « un plus grand raffinement des modèles ne conduit généralement qu'à une amélioration marginale de la qualité des décisions ». Par ailleurs, ce même auteur, dans [Kei04], a analysé la valeur apportée par l'utilisation de modèles formels de sélection de projets et l'a comparée à celles résultant de décisions empiriques ou même aléatoires, et a conclu ainsi que cette valeur n'était pas toujours positive. Il recommande des approches intermédiaires où ne serait soumis à une analyse approfondie qu'un sous-ensemble de projets sensibles, tandis que le reste des projets serait priorisés en se basant sur l'expertise des décideurs.

Il convient de noter que le scepticisme des praticiens envers ces modèles est peut être aussi dû à des limitations dans le paradigme même de l'optimisation. En effet, il existe une *malédiction de l'optimisateur*, telle que l'ont conceptualisée Smith et Winkler. Ces auteurs ont montré dans [SW06], que dès qu'une optimisation de mesures « objectives » de valeur, telles que la valeur actualisée nette ou l'utilité, est conduite et un choix est effectué sur cette base il faut s'attendre à ce que les valeurs réelles des alternatives choisies soient moins bonnes qu'espéré, et ceci même si les estimateurs de valeur sont sans biais et les estimations faites sans erreurs. Ils recommandent, par ailleurs, une approche Bayésienne pour le traitement de cette limitation. Une autre manière de contourner cette difficulté serait de ne simplement pas optimiser de mesures « objectives » de valeur. Utiliser, par exemple, des mesures de la perception du décideur de cette valeur serait un moyen de réduire sa *surprise post-décision*.

Des travaux récents ont contribué à corriger les limitations du corpus de méthodes existantes (voir par exemple [SKM11] pour une compilation de travaux ayant explicitement ce but), mais n'ont, du fait de leur très récente introduction, pas encore fait leurs preuves en termes d'acceptabilité par les utilisateurs.

## 2.2 Problèmes de filtrage

Les processus de filtrage et d'évaluation (tels que définis en 1.1.2 et 1.3.1) sont étroitement liés. Un bon processus d'évaluation doit permettre d'identifier et d'écarter très tôt les projets trop faibles ou inadéquats. En outre, l'utilisation d'un même modèle pour le filtrage et l'évaluation (ainsi que l'exploitation éventuelle de ce qui en résulte pour la sélection) est indiquée. En effet, on peut imaginer que les utilisateurs seraient moins à l'aise avec une

démarche les forçant à changer brusquement de modèle entre les phases de filtrage et d'évaluation. De plus, une telle démarche serait moins équitable. Elle irait à l'encontre, par exemple, de la cinquième des onze propositions de Archer et Ghazemzadeh [AG99], stipulant que « *common measures should be chosen which can be calculated separately for each project under consideration. These will allow an equitable comparison of projects during the portfolio selection process* ». Rien n'empêche en effet, qu'un projet éliminé par la méthode de filtrage ne soit considéré, dans l'univers du modèle utilisé pour l'évaluation, comme meilleur qu'un projet conservé. La cohérence des modèles utilisés pour le filtrage et l'évaluation permet également des itérations entre ces deux processus. Ceci contribue notamment à réduire la charge de travail superflue et le coût, résultants de l'évaluation de projets trop faibles ou inadéquats, d'après Martikainen [Mar02]. Cet auteur propose un cadre de travail en quatre étapes, dans lequel le processus de filtrage est intégré à l'évaluation.

1. Tous les facteurs importants pour la conduite du projet doivent être identifiés et répartis en groupes de priorité selon leur importance.
2. Les facteurs dont le recueil est aisé doivent être évalués.
3. Les facteurs importants mais dont le recueil est plus difficile doivent être évalués.
4. Enfin, tous les autres facteurs sont évalués.

Les méthodes de ratios financiers sont très utilisées dans ce contexte, voir [Kéb06] pour un passage en revue très complet de ce type de modèle. Jafarizadeh et Ramazani Khorshid-Doust dans [JKD08] ont récemment introduit une nouvelle méthode de filtrage de ce type. Les projets y sont évalués par les indicateurs clés de performances standards que sont le retour sur investissement et le risque.

*Profiles* [Mar95, AG96] est une méthode *ad-hoc*, utilisée pour l'évaluation et le filtrage. Il s'agit d'un simple modèle de scoring, dans lequel sont définis des limites inférieures pour les différents attributs évaluant les projets. Si le score d'un projet ne lui permet pas de dépasser ces limites, il est éliminé. Les *profiles* peuvent être constitués de facteurs tangibles ou intangibles, du moment que tous les projets sont évalués sur les mêmes facteurs. La détermination et l'établissement de consensus sur les limites inférieures, de sorte que de bons projets ne soient pas éliminés est difficile [AG99]. L'autre faiblesse de cette méthode est qu'elle ne permet pas, elle non plus, de définir d'ordre d'importance sur les critères [Sou84], ce qui limite son intérêt pour le processus d'évaluation ou contraint à l'utilisation d'un autre modèle pour ce processus.

## 2.2. PROBLÈMES DE FILTRAGE

---

Conduite \ Objectifs	Objectifs Spécifiques	Objectifs flous
La manière de mener le projet n'est pas clairement connue	Quête	Perdus dans le brouillard
La manière de mener le projet est clairement connue	Peinture au numéro	Film

TABLE 2.1 – Typologie matricielle d'Obeng

Obeng développe dans [Obe94] une méthode de création de connaissance concernant les projets qui croise les objectifs du projet (le *quoi*) avec le savoir-faire et les ressources de l'organisation (le *comment*), comme résumé par la Table 2.1. En identifiant le type de projet mené, elle permet aux managers d'identifier les projets inadéquats et de déployer les savoirs-faire, techniques et mesures appropriées pour l'évaluation et la sélection des projets restant.

- Peinture au numéro : Lorsque les objectifs et la manière de les atteindre sont connus.
- Quêtes : Lorsque l'objectif est connu mais que la manière de l'atteindre ne l'est pas. De nombreux projets de recherche scientifique rentrent dans ce cadre.
- Films : Lorsque le *comment* est connu, mais que le résultat final n'est pas encore tout à fait clair. Pensez, par exemple, à un décorateur d'intérieur se lançant dans un projet, sans qu'il n'ait été informé de la décoration exacte voulue. De nombreux projets artistiques rentrent dans ce cadre.
- Perdus dans le brouillard : Ni les objectifs, ni la solution ne sont connus clairement. Ce type de projet peut s'illustrer par l'expression « Quelque chose ne tourne pas rond. Mais je ne sais pas quoi ».

L'un des avantages de cette méthode est qu'elle permet de considérer des projets dont les objectifs et les facteurs importants sont imparfaitement connus. L'une de ces grandes limites, est son manque de rigueur formelle.

La table 2.2 recense certaines méthodes de filtrage proposées dans la littérature.

Techniques	Types de travaux	Publications
Méthodes de ratios	Revue de littérature	Kébé [Kéb06]
	Projets à buts lucratifs	Jafarizadeh et al. [JKD08]
	Projets financiers	Weingartner [Wei63] et [Wei66]
	Choix de fournisseurs	Degraeve et al. [DLR00]
	Projets de construction	Odusote et al. [OF92]
	Projets de R&D	Okpala [Okp91] Fayek [Fay98] Geisler [Gei95]
Méthodes de scoring	Général	Martino [Mar95]
		Archer et al. [AG96]
Méthodes matricielles	Général	Bohm [Boh09]
		Obeng [Obe94]

TABLE 2.2 – Méthodes de filtrage

## 2.3 La SPP comme un problème de choix

### 2.3.1 Modèle de choix multiobjectifs

Ces modèles traitent la problématique consistant à choisir un sous-ensemble des meilleurs projets. Il s'agit d'un important challenge en management de projets, du fait évidemment de la grande complexité combinatoire dans la définition des portefeuilles optimaux [AG99], mais aussi de l'évaluation des projets sur des critères multiples et conflictuels.

Une approche à base de *goal programming*, est utilisée dans [SK00], pour la sélection de projets de systèmes d'information en prenant en compte leurs inter-dépendances.

Badri et al. dans [BDD01] proposent également un modèle de sélection de portefeuilles de projets de systèmes d'information dans le secteur de la santé. Ce modèle est basé sur la programmation linéaire multiobjectifs en variables binaires, et est lui aussi résolu par la très populaire méthode du *goal programming*.

Un modèle permettant de sélectionner un portefeuille mixte constitué de projets de R&D industriels et de produits financiers est proposé dans [FCF08]. Les projets de R&D y sont considérés comme des investissements « lourds » et sont donc réalisés en une seule étape, tandis que les investisse-



ments dans les marchés financiers sont vus comme étant plus dynamiques et peuvent être ajustés en trois étapes. Ceci se traduit par l'utilisation de variables binaires pour les investissements de R&D et par des variables continues pour les produits financiers. Le modèle ainsi obtenu est un programme linéaire stochastique bi-objectif, dans lequel le retour sur investissement ainsi que le risque sont représentés par des variables aléatoires. Ce modèle est ensuite transformé en un programme linéaire mono-objectif (par une fonction scalarisante), et déterministe (par l'utilisation d'un algorithme qui détermine des valeurs représentatives des domaines incertains).

Stewart dans, [Ste91] décrit un modèle de programmation linéaire multi-objectifs appliqué à la sélection de projets de recherche et développement dans une compagnie d'électricité. Il s'agit d'un programme linéaire multi-objectifs résolu à l'aide d'une fonction scalarisante, dans une approche interactive.

Un modèle d'optimisation multi-objectifs non-linéaire, résolu par une approche méta-heuristique est utilisé dans [CGM<sup>+</sup>10], pour la sélection et l'ordonnement de portefeuilles de projets.

La méthode Electre I a été appliquée par Skitmore et al. dans [SDN01], la méthode GREY par Chua et al. dans [CLC00] et la méthode TOPSIS par Shen et al. dans [SZ08]. Par ailleurs, Khoury et al. ont appliqué la méthode Electre Is, dans [KMV93], pour le choix de portefeuilles de projets d'investissement.

#### 2.3.2 Modèles multi-acteurs

Carlsson et al. dans [CRMP07], proposent un modèle de sélection de portefeuilles de projets de R&D, dans lequel les préférences d'un groupe de décideurs sont modélisées sous la forme de notes linguistiques représentées par des nombres flous trapézoïdaux. Ces derniers sont ensuite agrégés et une note est construite. Le modèle ainsi obtenu est un programme linéaire en variables binaires.

Un modèle organisationnel d'établissement de consensus peut être trouvé dans [TML<sup>+</sup>02]. Il part du constat que le processus de sélection fait intervenir différents groupes d'acteurs à différents niveaux de l'organisation (horizontalement : les soumissionnaires d'un côté et l'organisation de financement représentée par des évaluateurs et un président, de l'autre, mais aussi verticalement avec la prise en compte de différents niveaux de management dans

chacune de ces deux organisations). Il propose une architecture permettant d'encadrer les différentes interactions entre ces groupes. Le mérite de ce type d'approche est l'identification précise des différentes parties prenantes dans la sélection de portefeuilles. Cependant, une critique qui peut être adressée à ce type de modèles est qu'ils ne sont pas reproductibles indépendamment de l'analyste. La présence et une grande implication d'un analyste sont nécessaires pour adapter le modèle au cas par cas.

### 2.3.3 Modèles traitant l'incertitude et le risque

La robustesse des résultats, face à l'incertitude ou à l'imprécision de données est un aspect pris en compte dans la méthode proposée par Liesio et al. dans [LMS07]. Par ailleurs ces mêmes auteurs ont également proposé, dans [LMS08], une méthode d'évaluation et de sélection destinée à des contextes dans lesquels l'information est incomplète et prenant en compte des dépendances entre projets.

Ringuest et al. dans [RGC04], proposent une méthode basée sur le modèle classique de la moyenne-variance, à la différence près que le coefficient de Gini remplace ici la variance. Les auteurs affirment que ceci permet une meilleure capacité de filtrage et destinent la méthode aux décideurs averses au risque. Sur cette base, la méthode permet de déterminer l'ensemble des projets non-dominés stochastiquement, ce qui peut être jugé comme une recommandation insuffisante pour constituer un portefeuille car elle néglige la difficulté combinatoire.

Les problèmes liés au développement de nouveaux produits présentent plusieurs similarités avec la gestion de portefeuilles de projets [TN86]. La gestion de portefeuilles y est même considérée comme *fondamentale* [CEK01], par Cooper et al. (l'un des auteurs les plus cités, dans ce domaine). Un problème connu comme le problème de dimensionnement de pipeline de développement de nouveaux produits est décrit dans [DE02] et dans [GK99]. Cette dernière publication traite spécifiquement du financement de projets de R&D. L'objectif de la sélection est ici de déterminer le nombre optimal d'équipes à financer en parallèle, qui maximiserait la probabilité d'un succès futur (ex. découverte d'un vaccin, développement d'un nouveau produit spécifique, ou encore production d'un champion dans des applications liées à la préparation d'athlètes). Ces modèles permettent donc de déterminer le nombre optimal d'équipes, cependant il ne permettent pas de spécifier les détails d'organisation de ces équipes. Ils ne sont donc utilisables que dans des

contextes où les différents projets du portefeuilles contribuent, en parallèle, à l'achèvement d'un même objectif.

### 2.3.4 Modèles considérant des dépendances entre projets

Au delà des dépendances liées à la consommation des ressources et à l'atteinte des objectifs (dépendances des *input* et des *output*), et qui sont généralement prises en compte dans la plupart des modèles, il peut exister des dépendances plus spécifiques entre projets. Ainsi, [GAL99] décrit un modèle de sélection de portefeuilles de projets permettant leur ordonnancement et financement sur plusieurs périodes. Il est formulé comme un programme linéaire en variables binaires. Le modèle considère des dépendances logiques simples (exclusivité mutuelle ou projets dont la sélection rend nécessaires celles d'autres projets). Le problème est résolu de manière exacte, et une procédure d'analyse de la sensibilité de la solution optimale et d'exploration de son voisinage est proposée.

Dickinson dans [Dic99] considère le caractère dynamique des investissements et propose un modèle non-linéaire de programmation en variables entières. En outre, il passe en revue les dépendances communes pour les projets d'ingénierie.

Un modèle d'aide au choix de projets environnementaux est proposé dans [HHB08]. Il permet de déterminer les zones d'une région géographique donnée, dans lesquelles des projets de sauvegarde de l'environnement devraient être menés, de sorte à optimiser des critères environnementaux, tels que la biodiversité ou la préservation de l'eau et du carbone. Les dépendances entre projets sont ici géographiques (les différentes régions sont considérées comme les cases d'une grille représentant la région). Le modèle obtenu est un programme linéaire multi-objectif dont le front de Pareto est exploré de manière méta-heuristique, par la procédure GRASP.

Un problème qui a de fortes similarités avec la sélection de projets et qui peut donner lieu à des modèles utiles pour représenter certaines dépendances entre projets, est traité dans [NLDC09]. Il s'agit du problème de sélection de micro-contrôleurs dans un firme automobile. Étant donné un ensemble de spécifications requises, il s'agit de sélectionner un ensemble de composants, vérifiant chacun un sous-ensemble de ces spécifications, de sorte à ce que le portefeuille final les vérifie toutes, tout en minimisant le coût total de ce

portefeuille. Le problème est formulé comme un problème d'affectation non-linéaire, et résolu de manière approchée en linéarisant la fonction-objectif.

Un modèle basé sur la méthode DEA est décrit dans [EGS06]. Cet article se distingue par le fait qu'il traite de la structuration de la phase d'évaluation des projets. Il permet de prendre en compte des dépendances dans la consommation de ressources, des relations telles que la complémentarité ou la cannibalisation (deux projets se cannibalisent si leur sélection simultanée est moins désirable que la sélection de l'un ou de l'autre) ou des synergies positives entre leurs *outputs* (si, par exemple, sélectionner un projet augmente la probabilité de succès d'un autre projet).

Principales difficultés traitées	Techniques utilisées	Domaines d'application	Publications
Critères multiples et conflictuels	Goal Programming  Programmation multi-objectifs	Projets de systèmes d'information  Projets de R&D et d'investissement  Projets de R&D à buts lucratifs	Badri et al. [BDD01] Santhanam et al. [SK00] Fang et al. [FCF08] Toppila et al. [TLS11] Stewart [Ste91]
Décideurs multiples	Programmation multi-objectifs floue Modèle organisationnel	Projets de R&D à buts lucratifs Projets de R&D à buts lucratifs	Carlsson et al. [CRMP07] Tian et al. [TML <sup>+</sup> 02]
Incertitude et risque	<i>Preference programming</i> Théorie des jeux Moyenne-Gini Dimensionnement de pipeline	Projets de travaux publics Projets de R&D à buts lucratifs Projets de R&D à buts lucratifs Projets de R&D à buts lucratifs	Liesio et al. [LMS07] Gerchak et al. [GP99] Ringuest et al. [RGC04] Gerchak et al. [GK99] Ding et al. [DE02]
Dépendances entre projets	Programmation multi-objectifs  <i>Set covering</i> DEA	Projets à buts lucratifs Projets d'ingénierie Projets environnementaux Sélection de composants électroniques Projets de R&D à buts lucratifs	Ghasemzadeh et al. [GAL99] Dickinson [Dic99] Higgins et al. [HHB08] Nepal et al. [NLDC09] Eilat et al. [EGS06]

TABLE 2.3 – Méthodes de choix

## 2.4 La SPP comme un problème de rangement

Parmi les travaux traitant le problème comme un problème de rangement, nous pouvons citer une adaptation de la méthode Electre III, dans [BV07],

pour la structuration de programmes de maintenance dans une compagnie d'électricité, et l'utilisation de GREY dans [CLC00], et de TOPSIS dans [CL00], pour le classement de projets de construction. La publication [Ram04] suggère une méthode basée sur les nombres flous pour résoudre le problème de sélection de portefeuilles par le rangement. Elle présente un modèle dans lequel les poids des critères ainsi que les opinions des décideurs les concernant sont considérés comme des termes linguistiques vagues et sont représentés par des nombres flous triangulaires. Un algorithme matriciel permet d'exploiter ces nombres afin de construire un classement des alternatives. Enfin, [HSB11] décrit une application des méthodes Prométhée et GAIA, pour le classement de projets de systèmes d'information. L'outil proposé dans cette publication offre la possibilité notable, une fois le classement établi, de prendre en compte des préférences à un niveau portefeuille (tel qu'un budget maximum), à travers l'optimisation d'un score additif.

## 2.5 La SPP comme un problème de tri

Concernant les méthodes multicritère de tri (non-contraint), nous pouvons citer l'utilisation d'une technique basée sur la théorie de l'utilité multi-attributs (MAUT), dans [KBA07], pour la sélection de projets de développement de produits innovants. La méthode AHP alliée à la logique floue est utilisée dans [CC09], pour le tri de projets de systèmes d'information. Dans le contexte de la sélection de portefeuilles de projets dans le secteur public, Huang et al. [HCC08] ont proposé une méthode basée sur AHP alliée à la logique floue, qu'ils ont appliquée à la sélection de projets à financement public. Enfin, Khoury et al. ont appliqué la méthode Electre Tri, dans [KMV93], pour le choix de portefeuilles de projets d'investissement.

## 2.6 La SPP comme un problème de tri contraint

Zheng et al. [ZCM11] ont proposé une méthode basée sur une formulation comme un problème de tri contraint. L'aide à la décision se déroule en deux phases. Dans la première, les préférences du décideur pour l'évaluation individuelle des projets sont exprimées sous forme de décisions de référence, et représentées par un modèle de type Electre Tri. La deuxième phase consiste à déterminer les valeurs des paramètres de ce modèle, en intégrant des contraintes sur la constitution des portefeuilles, de sorte à reproduire, le plus fidèlement possible, les choix exprimés. Ce modèle semble bien adapté aux

projets publics car une fois les paramètres du modèle de tri déterminés, il constitue une norme fixe selon laquelle la qualité intrinsèque des alternatives sera évaluée. Le choix de la méthode Electre Tri peut, cependant, poser des difficultés pour l'argumentation des décisions, du fait de son manque de transparence. En effet, et comme le notent les auteurs, les décideurs ont du mal à comprendre la mécanique d'agrégation de ce modèle (ce qui justifie par ailleurs l'approche d'inférence utilisée). On peut donc s'attendre à ce que ces difficultés soient encore plus prononcées lorsqu'il s'agira de justifier ces décisions à d'autres parties prenantes (aux porteurs de projets ou à l'opinion publique, par exemple). Cette méthode, est à notre connaissance, la première et la seule, à résoudre le problème de sélection de portefeuilles de projet comme un problème de tri contraint.

## 2.7 La SPP comme un problème d'allocation de ressources contraint

### 2.7.1 Modèles statiques d'allocation de ressources

Nous appelons modèle statique, le traitement de la problématique consistant à affecter des ressources à un ensemble de projets, de sorte à optimiser sa valeur. Beaujon et al. dans [BMM01] décrivent un modèle de sélection de portefeuilles de projets de R&D appliqué au secteur automobile. Le modèle proposé permet d'équilibrer l'investissement en considérant des attributs (tels que différents segments de marché ou contributions stratégiques pour les projets) et en spécifiant des préférences qualitatives sur ces attributs. Il est formulé comme un programme linéaire en variables binaires, de type multi sac à dos. Les auteurs affirment que ce type de formulation est très courante pour des problèmes de ce type mais ne permet une résolution exacte. Dans le cas où des financements partiels des projets sont permis, une relaxation linéaire du modèle du multi sac à dos, permettant une résolution aisée à l'optimum est proposée. Les principales contributions de cette publication sont une discussion de la plausibilité du fait de permettre des financements partiels, et des difficultés que soulève l'évaluation de la valeur des projets partiellement implémentés. Les auteurs identifient le besoin que ces difficultés soient traitées par des travaux de recherches futures et proposent une formulation non-linéaire, pour l'évaluation de la valeur des projets partiellement implémentés. Cependant, sa relaxation linéaire est privilégiée, pour des raisons pratiques, étant donné les « manques » dans le corpus de techniques existantes.

## 2.7. LA SPP COMME UN PROBLÈME D'ALLOCATION DE RESSOURCES CONTRAINT

---

Un modèle d'allocation de ressources, prenant en compte les compétences des employés est décrit dans [GKSD10]. Cet aspect est modélisé par des scores de compétence qui évoluent selon des profils prédéfinis et l'affectation des employés aux projets est traitée comme un problème-esclave non-linéaire, du problème-maître consistant en la sélection de portefeuilles de projets. Cette publication fournit une solution asymptotiquement-approchée au problème-esclave, ainsi que la comparaison de deux heuristiques (un approche génétique et une approche par colonie de fourmis) pour la résolution du problème maître, ce qui présente un intérêt computationnel certain. Cependant, l'intérêt pratique de ce modèle, semble limité par la difficulté d'estimation des paramètres qu'il nécessite (scores évaluant les compétences d'employés et leur évolution dans le temps).

Un autre modèle statique traitant de l'allocation de la ressource humaine à un ensemble de projets est décrit dans [HK09]. Ici, le problème est également modélisé comme un programme linéaire en variables entières, mais sa relaxation linéaire est résolue avec garantie concernant la distance avec la solution optimale et le temps de résolution est comparé à des approches de résolution heuristiques. Cette publication analyse enfin la pertinence des paramètres du modèle (tels que les temps d'exécution des projets, la taille, la charge de travail et les qualifications de la ressource) en les confrontant aux connaissances pratiques de managers.

Une méthodologie multicritère d'aide à la décision de groupe pour l'allocation de ressources est décrite dans [PeC07]. Elle synthétise l'expérience des auteurs dans la facilitation de dizaines de problèmes de ce type. Ce travail s'intéresse explicitement aux aspects d'intégration sociale ou organisationnelle des outils, et évoque des questions importantes mais rarement prises en compte dans la conception des modèles : l'équité, la transparence et l'appropriation des modèles par les organisations et les groupes sociaux.

### 2.7.2 Modèles dynamiques d'allocation de ressources

En plus des difficultés inhérentes aux modèles statiques, les modèles dynamiques considèrent l'évolution dans le temps, de la consommation de ressources par les projets. La publication [WDJ98] décrit un modèle de planification de programmes sur plusieurs périodes. Il considère un objectif unique qui est la minimisation du coût global d'échec du programme. Le modèle considère l'ordonnancement d'activités dans chaque projet individuel, ainsi que les personnels qu'elles nécessitent et répercute ces coûts éventuels sur celui du programme. Le modèle obtenu est un programme linéaire de grande taille.

Une décomposition de type *Dantzig-wolfe* est effectuée. Dans cette décomposition, chaque projet individuel donne un problème-esclave, le problème-maitre étant celui de la conception du programme. Le modèle intègre les connaissances du décideur dans la résolution, en permettant à celui-ci d'explorer les solutions réalisables selon ses préférences et son attitude face au risque.

Par ailleurs, [CGM<sup>+</sup>10] présente un modèle de programmation linéaire multiobjectif de sélection de portefeuilles de projets qui considère la consommation de ressources dans le temps et les dépendances entre projets (en traitant les groupes de projets dépendant comme des sous-ensembles homogènes). Le front de Pareto du modèle est exploré de manière heuristique et la qualité de cette résolution est comparée à d'autres heuristiques.

Dans le modèle de [GP99], l'allocation de ressources à un portefeuille de projets de R&D industriels est considérée comme une course entre plusieurs firmes afin d'être les premières à faire parvenir leurs projets à un certain résultat (le lancement d'un nouveau produit, une position dominante sur un marché, etc.). La probabilité pour un projet d'être le premier à arriver à ce résultat est représentée par une simple fonction, croissante par rapport au niveau de ressources qui lui sont allouées et décroissante par rapport à l'allocation de ressources des compétiteurs de la firme. Les équilibres de Nash et de Stackelberg de ce modèle sont alors déduits.

Par ailleurs, des modèles proches de ceux de l'allocation dynamique de ressources à des projets, et qui peuvent être directement applicables s'il existe des relations chronologiques de précédence entre les projets, sont ceux de l'ordonnancement de projets sous-contraintes de ressources. Un passage en revue de ce type de modèle peut être trouvé dans [HDD98] et [BDM<sup>+</sup>99].



## 2.7. LA SPP COMME UN PROBLÈME D'ALLOCATION DE RESSOURCES CONTRAINT

---

Type	Techniques	Domaines d'application	Publications
Statique	Programmation linéaire	Projets de R&D à buts lucratifs Général avec emphase sur la ressource humaine	Beaujon et al. [BMM01] Stummer et al. [GKSD10] Heimerl et al. [HK09]
Statique	Programmation non-linéaire	Projets de R&D à buts lucratifs	Pillai et al. [PJ02]
Statique	AMCD de groupe	Général	Phillips et al. [PeC07]
Dynamique	Programmation linéaire	Projets de R&D à buts lucratif	Wiley et al. [WDJ98]
Dynamique	Programmation linéaire multiobjectif	Projets de R&D à buts lucratif	Caballero et al. [CGM <sup>+</sup> 10]
Dynamique	Ordonnancement sous contraintes de ressources	Revue de littérature	Herroelen et al. [HDD98] Brucker [BDM <sup>+</sup> 99]

TABLE 2.4 – Méthodes d'allocation de ressources

*CHAPITRE 2. ÉTAT DE L'ART*

---

# Chapitre 3

## Cadre de travail proposé

### Résumé du chapitre

Nous proposons un cadre de travail général pour l'évaluation de projets, dans lequel s'inscrivent nos approches. Il reprend les codes de l'analyse SWOT, dont de nombreuses organisations orientées-projet sont familières. Nos contributions apportent des éléments de réponse à la question de « l'après-SWOT », à laquelle ces organisations peuvent éprouver des difficultés à répondre. Ce cadre de travail permet, par ailleurs, d'atténuer les divergences de points de vue dans des contextes d'évaluation en comité. Ces configurations sont notablement privilégiées lorsque certains buts des projets sont non-lucratifs.

Dans ce cadre de travail, nous introduisons un modèle des préférences permettant de mesurer l'importance des critères sur deux dimensions, représentant, de manière indépendante, leurs capacités de conviction et d'opposition. Nous illustrons et analysons la pertinence de ce modèle pour l'évaluation de projets à travers des exemples.

### 3.1 Introduction

À un niveau très fondamental, certains effets sont universellement considérés comme indésirables, par l'individu (éprouver de la faim ou de la soif, mettre sa main sur une flamme, etc.). Les modèles multicritères traditionnels, basés sur des théories utilitaristes (la somme pondérée étant le plus connu d'entre eux), induisent une vision du monde, dans laquelle :

1. Il est toujours possible de compenser l'insatisfaction que l'on éprouverait à avoir sa main sur une flamme, par la satisfaction qu'apporterait une combinaison d'autres aspects, indépendants, tels que manger son plat préféré (de son unique main libre, donc), pendant que son disque préféré est joué, de sorte que la situation soit, globalement, jugée satisfaisante.
2. Si l'individu estime cela très indésirable d'avoir sa main posée sur une flamme, le modèle considère, de manière symétrique, qu'il juge cela très désirable que sa main soit loin de la flamme. De plus, il existe théoriquement un point, où avoir sa main très loin d'une flamme suffit à maximiser la satisfaction de l'individu, indépendamment de tout autre aspect. Être très loin d'une flamme peut donc suffire à combler l'individu, même s'il n'a rien à manger et qu'il déteste la musique qui est jouée. Tout cela parce qu'il estime important que sa main ne soit pas sur une flamme.

Les modèles multicritères non-compensatoires [Roy93], ont été les premiers à offrir une alternative pour le traitement du premier point. Nos modèles s'inscrivent également dans cette optique, et ils tentent, par ailleurs, d'apporter des éléments de réponses à l'autre limite de l'approche utilitariste.

### 3.2 Calibration des échelles des attributs

L'analyse SWOT [Boh09] est un outil très populaire pour conduire un recensement et une évaluation subjectifs des facteurs internes et externes d'un projet. SWOT est un acronyme signifiant Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces). Cette technique aide les gestionnaires de projets à prendre des décisions critiques concernant la planification et la gestion des risques de leurs projets. Les informations concernant les projets résultant d'une analyse SWOT peuvent être utilisées pour la planification stratégique et l'identification des facteurs clés qui peuvent nécessiter un surcroît d'attention. Le cadre de travail en lui-même consiste en un exercice de capture de connaissances [Boh09] conduit

### 3.2. CALIBRATION DES ÉCHELLES DES ATTRIBUTS

---

par un facilitateur invitant plusieurs parties prenantes à décrire leur perception du projet sous la forme de réponses à des questions concernant deux types de facteurs :

1. Facteurs Internes (SW)
  - Strengths : Attributs positifs, tangibles, internes à l'organisation et sous le contrôle de l'organisation susceptibles d'aider à l'atteinte des objectifs du projet.
  - Weaknesses : Caractéristiques internes, sous le contrôle de l'organisation qui sont susceptibles de faire obstruction à l'atteinte des objectifs du projet.
2. Facteurs Externes (OT)
  - Opportunities : Conditions attractives externes représentant des éléments dans l'environnement externe de l'organisation susceptibles d'aider à l'atteinte des objectifs du projet.
  - Threats : Conditions en dehors du contrôle de l'organisation qui pourraient menacer le projet.

La calibration des échelles a pour but de projeter les conséquences de toute caractéristique, positive ou négative, des alternatives sur les axes de signification représentés par les attributs dans  $H$ . Dans cette optique, il est demandé au décideur de déterminer, sur le domaine  $D^q$ , de chaque attribut  $h_q, q \in \{1, \dots, Q\}$  :

- Les valeurs qui reflètent un aspect positif (une force ou une opportunité), sur l'axe de signification représenté par le critère. Ce sont les caractéristiques de l'alternative qui contribueraient positivement à l'atteinte des objectifs, et feraient qu'elle se démarque du reste des alternatives. Une telle note renforcerait l'évaluation de sa qualité globale.
- Les valeurs qui reflètent un aspect négatif (une faiblesse ou une menace), sur l'axe de signification représenté par le critère. Ce sont les caractéristiques qui peuvent faire barrage à l'atteinte des objectifs de l'alternative, eu égard à l'axe de signification représenté par le critère. L'identification de ces aspects négatifs a également pour but de mettre en exergue les points qui nécessiteraient une attention accrue.
- Une valeur peut également être perçue comme neutre, si l'aspect qu'elle évalue ne distinguerait, ni ne pénaliserait l'action.

La calibration des échelles consiste en un recodage des domaines des attributs dans  $D$ , qui sont ainsi transformés en échelles discrètes constituant un cadre de travail commun pour l'évaluation, permettant de communiquer les différentes perceptions de la qualité d'une alternative. Les évaluateurs sont invités à convenir du sens qu'ils veulent donner à chaque valeur, et à l'ex-

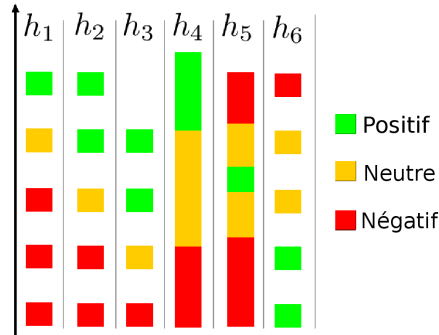


FIGURE 3.1 – Un exemple de calibration des échelles

primer en utilisant un interface graphique intuitive, telle que celle représentée en Figure 3.1.

Dans le contexte de la sélection de portefeuilles de projets, l'utilisation de ces échelles discrètes vise à permettre à l'utilisateur de réduire le pouvoir discriminant des attributs, si par exemple, les évaluations sont basées sur des expertises dont les conclusions peuvent diverger de manière notable. Il s'agit donc de gommer en quelque sorte ces divergences en définissant des échelles discrètes plus étroites. Ainsi, la calibration des échelles peut être vue comme la définition de seuils d'indifférence transformant ainsi chaque attribut en quasi-critère [Roy93].

Bien que les situations d'évaluation de projets dans lesquelles les attributs utilisés sont des critères discrets soient très répandues (notes d'experts, par exemple), l'approche que nous proposons est également adaptée à un cadre plus général dans lequel les projets sont non seulement évalués par des notes (attributs discrets dont les domaines sont ordonnés préférentiellement), mais plus généralement en utilisant des attributs discrets ou continus dont les domaines ne sont pas forcément ordonnés préférentiellement.

- Dans le cas d'attributs ordonnés, l'exercice de calibration des échelles peut notamment être utile pour modéliser des préférences qui ne correspondent pas forcément à l'ordre sur le domaine de l'attribut. Considérons, par exemple, un critère représentant la taille d'un projet (nombre de membres constituant l'équipe du projet, par exemple), et que la préférence du comité soit envers des projet de taille "moyenne", les "petits" et "gros" projets étant plus ou moins indésirables de façon égale. Dans de tels cas, la calibration des échelles serait une manière de coder et de discrétiser de telles préférences en cloche.

### 3.3. IMPORTANCE DES CRITÈRES (IC)

---

– Pour les attributs non-ordonnés (ou attributs nominaux), la calibration des échelles est évidemment utile pour exprimer des préférences recueillies auprès de l'utilisateur. Elle permet par exemple d'exprimer des préférences sur des attributs tels que la localisation du projet.

Il convient également de souligner que les préférences exprimées à travers la calibration des échelles peuvent être exprimées alternativement à un niveau portefeuille (comme décrit en section 6.1.5). Ainsi, en reprenant les deux exemples ci-dessus, si des projets de taille moyenne sont désirables, une telle préférence peut être exprimée en imposant que le pourcentage de projets de taille moyenne dans le portefeuille de projets sélectionnés soit inclus dans un certain intervalle de valeurs désirables. De manière similaire, une préférence sur la localisation des projets peut être exprimée comme un contrainte au niveau portefeuille spécifiant des proportions requises de projets dans différentes localisations. Exprimer de telles préférences en utilisant la calibration des échelles uniquement présenterait l'avantage d'évaluer les projets selon une norme stable préservant le principe d'équité tout au long du processus de sélection, tandis que l'expression de ces préférences par des contraintes à un niveau portefeuille permet une précision dans la constitution du portefeuille. Elle assurerait que tout portefeuille sélectionné vérifie les contraintes exprimées par l'utilisateur.

### 3.3 Importance des Critères (IC)

La plupart des procédures d'agrégation multicritère, qu'elles soient fonctionnelles ou relationnelles, reposent sur l'hypothèse implicite qu'un paramètre quantitatif particulier (un poids, un pouvoir de vote) est en mesure de représenter l'importance d'un critère. Cependant, il est notoire que l'information contenue dans la notion d'importance d'un critère est plus riche que ce qui peut être capturé par un paramètre préférentiel individuel. Elle est, d'après Roy et Mousseau dans [RM96], de nature fonctionnelle et représente sa (ou ses) capacité(s) à *convaincre*, *s'opposer* ou *équilibrer*. Il est donc imaginable que certains critères puissent avoir, par exemple, une plus grande capacité à s'opposer qu'à convaincre. Penser, à titre d'illustration, qu'avoir un casier judiciaire chargé peut être un argument important contre un candidat à une élection, alors que la virginité du casier judiciaire d'un autre candidat n'est généralement pas un argument en sa faveur. Cependant, les procédures existantes ne permettent pas, à notre connaissance, de telles représentations. En outre, et même si un paramètre pouvait capturer la notion d'importance d'un

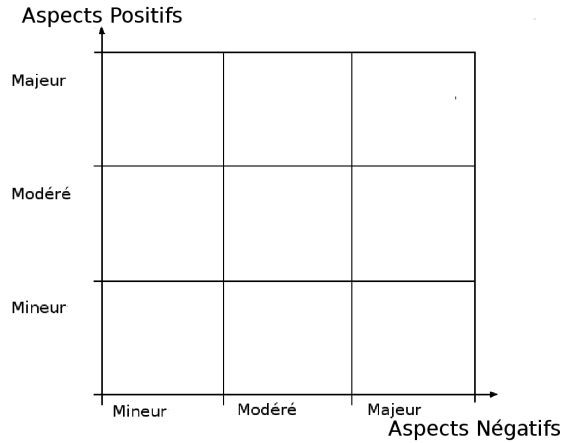


FIGURE 3.2 – Conséquences d’une force ou d’une faiblesse sur l’évaluation globale

critère, des études empiriques ont montré que la détermination de la valeur d’un tel paramètre implique souvent des erreurs [BSW95] et que des variations minimales dans l’estimation de la valeur du poids d’un critère pouvaient significativement changer la manière dont des alternatives s’intercompent. Une autre limitation pratique à l’utilisation de paramètres préférentiels pour représenter la notion d’IC est le fait que les décideurs soient souvent incapables d’exprimer leurs préférences à l’aide d’un artefact numérique, dont la signification peut leur paraître compliqué.

En prenant en compte la calibration des échelles définie précédemment, nous définissons trois niveaux de contribution pour une force et trois niveaux de contribution pour une faiblesse sur chaque critère et les positionnons, sur deux axes, par ordre de désirabilité, tel que représenté en Figure 3.2. Ainsi, sur l’exemple présenté en Figure 3.3, pour le critère  $h_3$ , l’impact d’une faiblesse aussi bien que d’une force est jugé mineur. En revanche, pour le critère  $h_6$  l’impact d’une force est jugé mineur alors qu’une faiblesse est perçue comme majeure.

Cette interface est utilisée pour éliciter la manière dont le décideur perçoit l’importance de chaque critère. Il est important de faire en sorte que le label et le sens intuitif de chacun de ces niveaux de contribution soient définis en collaboration avec le décideur, dans le but d’utiliser sa propre terminologie. Le but étant d’assurer une bonne appropriation du système par ses utilisateurs dans une approche similaire à celle de la *verbal decision analysis* [LB00].

Sur la base d’un passage en revue de plusieurs ensembles de critères d’é-



### 3.4. UN EXEMPLE : CALIBRATION ET DÉFINITION DE L'IC D'UN CRITÈRE DE RISQUE

---

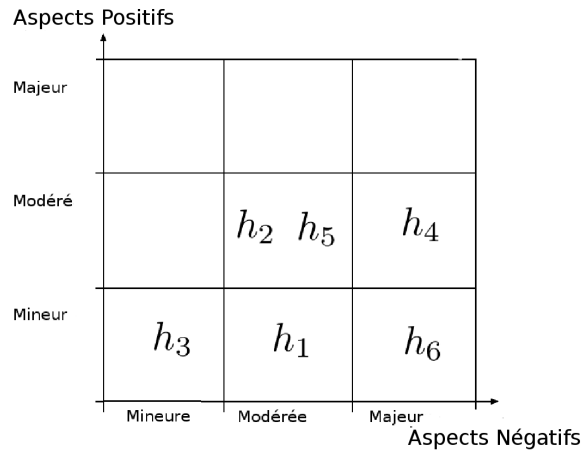


FIGURE 3.3 – Un exemple avec 6 critères

valuation utilisés dans des contextes de gestion de projet réels, nous faisons l'hypothèse que sur un même axe de signification, une force ou une faiblesse d'un projet peuvent avoir des conséquences de différentes ampleurs sur sa capacité à atteindre ses objectifs. Ainsi, on peut imaginer qu'une faiblesse sur un certain critère puisse être corrigée aisément durant la conduite du projet, et pénaliserait donc le projet de façon minime, tandis qu'une force distinguerait le projet et renforcerait notablement son évaluation globale. De manière similaire et pour d'autres critères, comme par exemple un critère évaluant le degré d'alignement du projet avec les objectifs du programme, il est raisonnable de s'attendre à ce qu'un grand nombre de projets présente des forces sur un tel critère. Par conséquent, une force distinguerait peu un projet. En revanche, une faiblesse serait quasiment éliminatoire et devrait donc pénaliser fortement l'évaluation globale du projet.

### 3.4 Un exemple : Calibration et définition de l'IC d'un critère de risque

La définition de base du risque est « la probabilité d'issues indésirables » [JKD08]. Cette définition étant centrée sur les issues indésirables, elle ne dit rien de la probabilité des issues désirables. Il peut donc être justifié qu'un tel critères soit considéré comme plus important, si on parle de risques élevés (faiblesses), qu'il ne l'est pour les risques réduits (forces). Autrement dit que l'indésirabilité des risques élevés, soit plus forte que la desirabilité des risques faibles.

Considérons, par exemple, une collectivité locale ayant à évaluer des projets d'investissement dans une région donnée, sur plusieurs critères comprenant le risque industriel, et que la seule issue indésirable considérée soit la perte de vies humaines, ce risque étant mesuré par le nombre annuel moyen de décès entraînés par une activité d'exploitation. Pour deux projets de centrales hydrauliques de production d'électricité, présentant deux valeurs de risque relativement élevées  $rc_1 = \frac{1}{100}$  et  $rc_2 = \frac{2}{100}$ , ce critère sera important, alors que son importance est négligeable si l'on compare deux projets de création de complexes hôteliers, présentant deux valeurs de risques faibles  $rh_1 = \frac{1}{10^8}$  et  $rh_2 = \frac{1}{10^9}$ .

Nous voulons que ce critère distingue fortement la première centrale par rapport à la seconde. C'est le cas si  $rc_2$  est considérée comme une faiblesse, et  $rc_1$  comme une valeur neutre, et que l'importance des faiblesses est majeure pour ce critère.

En revanche, nous ne voulons pas que le risque ne distingue le premier complexe hôtelier par rapport au second (même s'il est 10 fois « plus sûr »), autant qu'il ne distingue la première centrale par rapport à la seconde. Le risque industriel n'est simplement pas aussi important pour des complexes hôteliers qu'il ne l'est pour des centrales hydraulique. En outre, nous ne voulons pas qu'un complexe hôtelier ne soit trop favorisé face à une centrale hydraulique, par un critère tel que le risque. Il est possible de modéliser cela en considérant, par exemple,  $rh_1$  et  $rh_2$  comme des forces, et que les forces sont d'une importance mineure pour ce critère.

Enfin, nous voulons, dans la mesure du possible, éviter d'intercomparer le risque industriel d'une centrale hydraulique avec celui d'un complexe hôtelier. Ceci est possible en exploitant indépendamment les forces et faiblesses que présentent les projets. Nous verrons deux manières différentes de le faire, au chapitre 5 (à travers l'utilisation de deux relations de surclassement, l'une basée sur les forces, l'autre sur les faiblesses) et au chapitre 6 (à travers l'utilisation de règles logiques).

# Chapitre 4

## Filtrage : Utilisation de la SWOT-dominance

### Résumé du chapitre

La complexité du processus de décision et le temps requis pour la sélection croissent significativement avec le nombre de projets considérés. Il convient donc de mettre en place des processus de filtrage préalables en vue de réduire ce nombre. Si le nombre de projets candidats est important et/ou si leur évaluation est coûteuse, des conditions d'éligibilité minimales doivent être établies et utilisées pour filtrer les projets trop faibles ou inadéquats (non-alignés avec les objectifs du portefeuille), avant que la sélection n'ait lieu. Ces conditions se doivent d'être minimales, et objectives [Bri99], afin d'assurer qu'aucun projet potentiellement bon ne soit écarté.

Suivant l'évaluation et en préalable à la sélection, le filtrage consiste donc à écarter des projets trop inadéquats afin de réduire le coût du processus de décision. Nous proposons un mécanisme basé sur la dominance pour effectuer cette opération et illustrerons son application par comparaison à une méthode de ratios.

## 4.1 Relation de SWOT-dominance

**Définition 4.1.1** Soit  $a$  une alternative dans  $A$ . Nous notons  $N_k^+(a)$ , le nombre d'aspects positifs de type  $k \in \{1, 2, 3\}$  que présente une alternative  $a \in A$ , où  $k = 1$  correspond aux aspects positifs majeurs,  $k = 2$  aux aspects positifs d'importance modérée et  $k = 3$  aux aspects positifs mineurs. De manière similaire, nous notons  $N_k^-(a)$ , le nombre d'aspects négatifs de type  $k \in \{1, 2, 3\}$  que présente une alternative  $a \in A$ , où  $k = 1$  correspond aux aspects négatifs majeurs,  $k = 2$  aux aspects négatifs d'importance modérée et  $k = 3$  aux aspects négatifs mineurs. Toute action  $a$  peut être représentée par le vecteur  $(N_1^+(a), N_2^+(a), N_3^+(a), N_1^-(a), N_2^-(a), N_3^-(a))$ .

Comparons deux alternatives  $a$  et  $b$  dans  $A$ .

- Nous dirons que l'alternative  $a$  est au moins aussi désirable que  $b$ , que nous notons  $a \underline{\Delta}^+ b$ , si et seulement si  $\sum_{l=1}^k N_l^+(a) \geq \sum_{l=1}^k N_l^+(b), \forall k \in \{1, 2, 3\}$ .
- $a$  n'est pas plus indésirable que  $b$ , que nous notons  $a \underline{\Delta}^- b$ , si et seulement si  $\sum_{l=1}^k N_l^-(a) \leq \sum_{l=1}^k N_l^-(b), \forall k \in \{1, 2, 3\}$ .
- $a$  SWOT-domine  $b$ , que nous notons  $a \underline{\Delta} b$ , si et seulement si  $a \underline{\Delta}^+ b$  et  $a \underline{\Delta}^- b$ .

Nous dirons que :

- $a$  est SWOT-préférée à  $b$ , que nous notons  $a \Delta b$ , si et seulement si  $a \underline{\Delta} b$  et  $\text{Non}(b \underline{\Delta} a)$ .
- $a$  et  $b$  sont SWOT-indifférentes, que nous notons  $a \equiv b$ , si et seulement si  $a \underline{\Delta} b$  et  $b \underline{\Delta} a$ .

### 4.1.1 Hypothèses sous-jacentes

Cette relation est une conséquence directe de l'acceptation de la calibration des échelles, et de l'ordre d'importance des aspects positifs et négatifs. Elle ne fait pas d'hypothèses supplémentaires.

### 4.1.2 Propriétés

Notons que la comparaison des alternatives en utilisant  $\underline{\Delta}^+$ , est équivalente à leur comparaison en utilisant la fonction tri-dimensionnelle  $(N_1^+(\cdot), N_1^+(\cdot) + N_2^+(\cdot), N_1^+(\cdot) + N_2^+(\cdot) + N_3^+(\cdot))$ . De même pour  $\underline{\Delta}^-$ , qui est équivalente à la fonction tri-dimensionnelle  $(N_1^-(\cdot), N_1^-(\cdot) + N_2^-(\cdot), N_1^-(\cdot) + N_2^-(\cdot) + N_3^-(\cdot))$ .

Par conséquent, les propriétés suivantes sont vérifiées.

1.  $\underline{\Delta}$  est transitive.
2.  $\equiv$  est transitive.
3.  $\Delta$  est transitive.

## 4.2 Application : Filtrage de projets

La présente section décrira une application faite par de Jafarizadeh et Ramazani Khorshid-Doust dans [JKD08]. Il s'agit d'un modèle de ratios, dans lequel 4 projets sont évalués en termes d'espérance de retour sur investissement et de risque. Le ratio de ces indicateurs de performances, pour chaque projet, est comparé à celui d'un investissement fictif, peu risqué. Les projets présentant des ratios inférieurs à ceux de l'investissement fictif peu risqué sont éliminés. Nous utiliserons cette application pour illustrer le fonctionnement de notre méthode de filtrage.

### 4.2.1 Données du problème

Si les projets ont été évalués « sur la base de différents termes et conditions économiques et contractuels », les auteurs ont choisi de refléter tous ces aspects dans deux critères principaux : le risque et le retour sur investissement.

Les évaluations du retour et du risque de l'investissement fictif, et de chacun des 4 projets considérés sont donnés dans la table 4.1 et représentés en Figure 4.1. Le niveau de risque maximum, tolérable par le décideur, est fixé à 1.16. Le retour représentant le coût marginal du capital est égal à 1.25. Ces éléments sont représentés en Figure 4.2, tirée de [JKD08].

### 4.2.2 Méthode utilisée

Après ajustement du retour sur investissement, par rapport au taux d'intérêt (supposé égal à 14%), le filtrage est effectué en comparant les ratios

CHAPITRE 4. FILTRAGE : UTILISATION DE LA  
SWOT-DOMINANCE

---

Projet	Retour	Risque
Investissement fictif	1.168	0.179
$P_1$	1.96	0.89
$P_2$	1.21	0.95
$P_3$	1.36	0.66
$P_4$	1.19	1.21

TABLE 4.1 – Retours et risques des investissements considérés

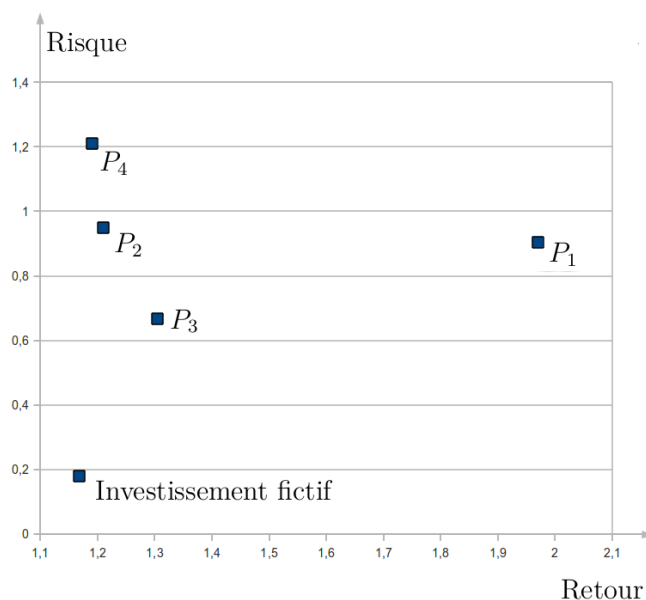


FIGURE 4.1 – Retours et risques des investissements considérés

des indicateurs de chaque projet, au ratio d'un investissement d'achat d'actifs d'une firme fictive. Les projets dont les ratios sont inférieurs à celui de l'investissement fictif sont alors éliminés. Plus précisément, étant donné le retour sur investissement  $x$  et le niveau de risque  $y$  d'un investissement,  $x$  est ajusté au taux d'intérêt de 14%, en lui retranchant 1.14, et divisé par  $y$ . Le ratio ainsi obtenu, pour chaque projet est alors comparé à celui de l'investissement fictif.

## 4.2. APPLICATION : FILTRAGE DE PROJETS

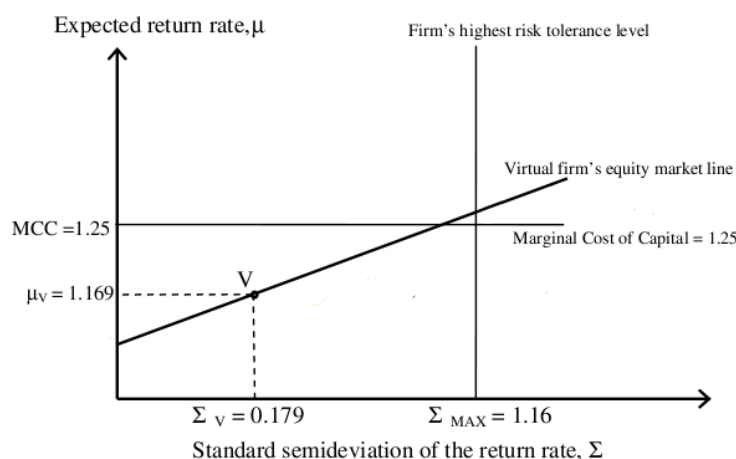


FIGURE 4.2 – Données de l'application, tirées de [JKD08]

Le ratio de l'investissement fictif est ainsi donné par :

$$(1.168 - 1.14)/0.179 = 0.156$$

Les auteurs donnent également les ratios des quatre projets considérés comme suit :

Projet 1 :  $(1.96 - 1.14)/0.89 = 0.921$ .

Projet 2 :  $(1.21 - 1.14)/0.95 = 0.074$ .

Projet 3 :  $(1.36 - 1.14)/0.66 = 0.333$ .

Projet 4 :  $(1.19 - 1.14)/1.21 = 0.041$ .

La Figure 4.3 représente la courbe correspondant au ratio de l'investissement fictif. Les projets correspondant aux points se trouvant au dessus de cette courbe sont éliminés.

### 4.2.3 Critique de la méthode utilisée

L'inconvénient majeur de cette méthode, comme de toute méthode basée sur des ratios d'indicateurs clés de performance est qu'elle divise des mesures (retour et risque) de natures différentes, sans que cela ne soit justifié. Ainsi, diviser le retour sur investissement par le risque n'est pas plus justifié que de le diviser par le double du risque, par exemple, ces deux façons de faire

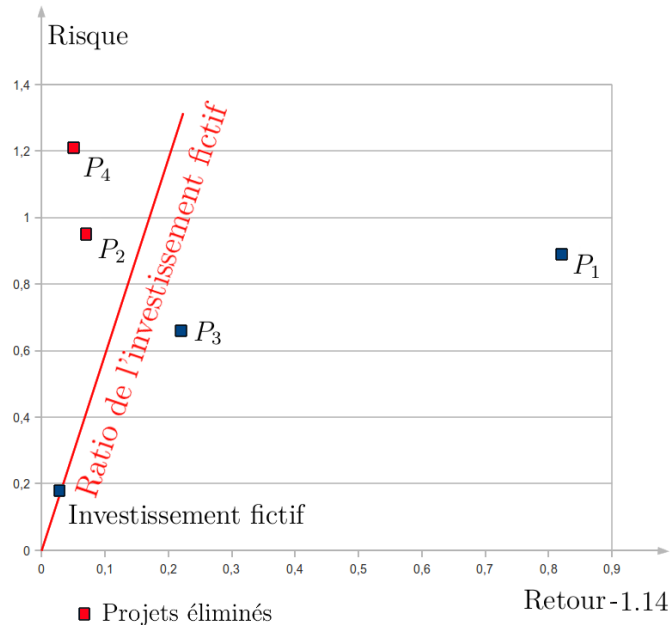


FIGURE 4.3 – Courbe représentant le ratio de l'investissement fictif

pouvant donner des résultats différents. Il existe donc une certaine part d'arbitraire dans le choix des ratios.

#### 4.2.4 Une alternative aux méthodes de ratios

Nous illustrons notre approche en tentant de nous appuyer sur les mêmes principes que ceux utilisés dans [JKD08].

##### Calibration des échelles

Nous considérons la calibration des échelles représentée en Figure 4.4.

Pour le retour sur investissement :

- Un retour supérieur au coût marginal du capital est un aspect positif.
- Un retour inférieur à celui de l'investissement dans la firme fictive est considéré comme une faiblesse.

Pour le risque :

- Un risque supérieur au niveau de tolérance de la firme est un aspect négatif.



## 4.2. APPLICATION : FILTRAGE DE PROJETS

---

- Un risque inférieur à celui de l'investissement dans la firme fictive est un aspect positif.

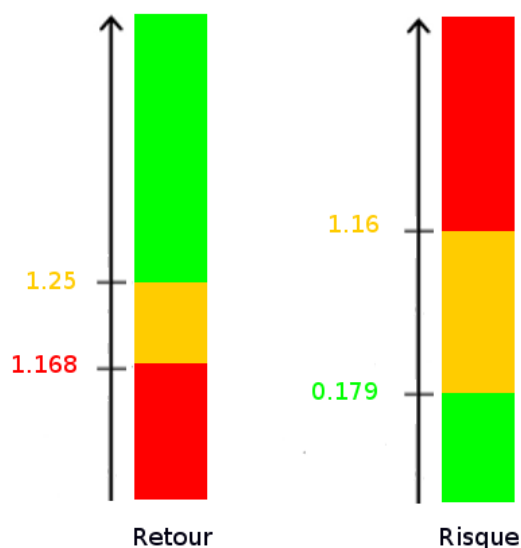


FIGURE 4.4 – Calibration des échelles

### Importance des critères

Nous définissons l'importance des critères en Figure 4.5.

Les auteurs considèrent un investisseur rationnel et donc averse au risque, en indiquant que cela implique évidemment que cet investisseur préfère de faibles valeurs de risque à de fortes valeurs de risque. Ils rappellent la définition de base du risque « la probabilité d'issues indésirables ». La définition du risque étant centrée sur les issues indésirables, on imagine aisément qu'un décideur sera plus *sensible* à une variation entre deux valeurs élevées de risque, qu'à la même variation, entre deux valeurs faibles de risque. Nous considérons donc que si le risque est l'un des aspects négatif pour un projet, cela doit avoir des conséquences négatives importantes sur son évaluation globale. Cependant, et comme nous l'avons expliqué, une aversion pour le risqué, ne signifie pas un goût pour le non-risqué. Nous modélisons cela en considérons que si le risque est un aspect positif pour un projet, cela a un impact positif mineur sur son évaluation globale.

CHAPITRE 4. FILTRAGE : UTILISATION DE LA  
SWOT-DOMINANCE

---

Nous considérons l'importance du retour sur investissement comme majeure, pour les aspects positifs comme pour les aspects négatifs.

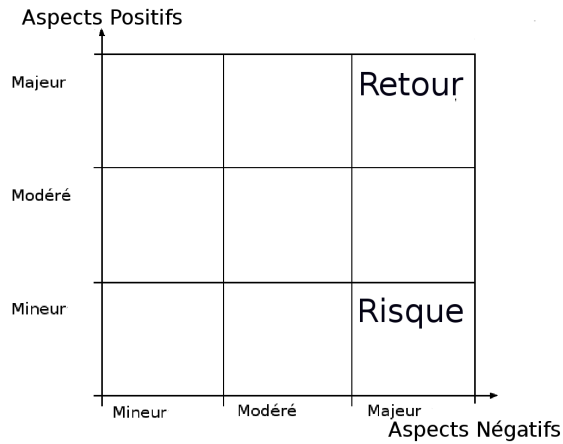


FIGURE 4.5 – Importance des critères

Projet	$N_1^+$	$N_2^+$	$N_3^+$	$N_1^-$	$N_2^-$	$N_3^-$
Investissement fictif (IF)	0	0	1	1	0	0
$P_1$	1	0	0	0	0	0
$P_2$	0	0	0	0	0	0
$P_3$	1	0	0	0	0	0
$P_4$	0	0	0	1	0	0

TABLE 4.2 – Aspects positifs et négatifs des investissements

Les profils de l'investissement fictif, ainsi que ceux des 4 projets considérés sont donnés dans la table 4.2. Nous voyons par exemple que le projet d'investissement fictif (IF) présente une force mineure et une faiblesse majeure. En effet, il est évalué à 0.179 sur le critère risque, ce qui constitue une force, mais toute force sur ce critère est considérée comme n'ayant qu'un impact positif mineur. En revanche, il est évalué à 1.168 sur le critère retour sur investissement, ce qui est considéré comme une faiblesse, et que toute faiblesse sur ce critère est considérée comme ayant un impact négatif majeur.

## 4.2.5 Procédures de filtrage basées sur la SWOT-préférence

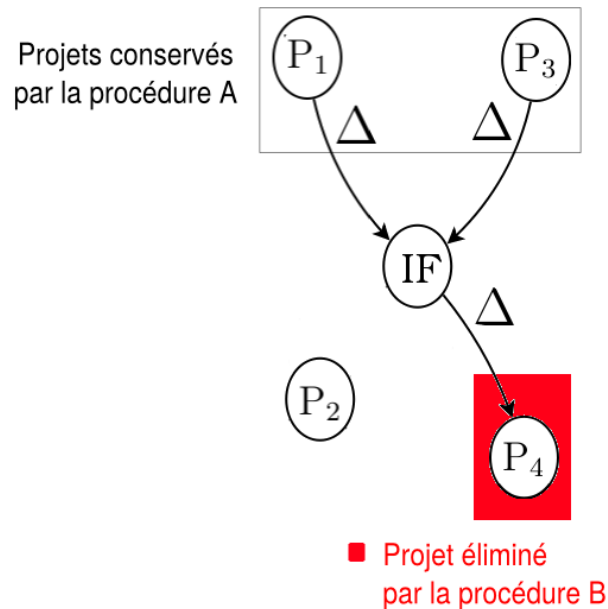


FIGURE 4.6 – Résultats de l'application des deux procédures de filtrage

Nous pouvons reproduire de manière plus ou moins sévère la condition de filtrage utilisée dans [JKD08], et qui veut qu'un projet ne soit considéré que s'il est préféré à l'investissement dans la firme fictive (choix passif, ou de *status-quo*). Cette condition se traduit par la procédure suivante, qui se distingue par le fait qu'elle n'agrège pas les deux mesures de natures différentes que sont le risque et le retour sur investissement, de manière arbitraire.

**Procédure *Filtrage A* :**

Pour  $i$  allant de 1 à  $n$   
 Si  $P_i \Delta IF$  alors conserver  $P_i$   
 Sinon éliminer  $P_i$

L'application de cette procédure conduirait à conserver les projets  $P_1$  et  $P_3$  et à éliminer les projets  $P_2$  et  $P_4$ .

Une autre règle de filtrage, moins sévère, aurait consisté à éliminer les projets auxquels on préfère l'investissement dans la firme fictive. Cette règle

CHAPITRE 4. FILTRAGE : UTILISATION DE LA  
SWOT-DOMINANCE

---

se traduirait par la procédure suivante :

<p><b>Procédure <i>Filtrage B</i> :</b> Pour <math>i</math> allant de 1 à <math>n</math> Si <math>IF\Delta P_i</math> alors éliminer <math>P_i</math> Sinon conserver <math>P_i</math></p>
--

L'application de cette procédure conduirait à n'éliminer que le projet  $P_4$  à conserver les projets  $P_1, P_2$  et  $P_3$ .

La Figure 4.6 représente les résultats de l'application de la procédure de filtrage A, et de la procédure de filtrage B.

## Chapitre 5

# La SPP comme un problème de choix, de rangement ou de tri : l'approche SPADE (Structure de Préférence pour l'Aide à la DÉcision)

### Résumé du chapitre

SPADE est une approche de surclassement destinée à des contextes décisionnels dans lesquels la recommandation attendue est une simple priorisation des projets, c'est à dire la détermination de l'ensemble des meilleurs projets, un classement des projets ou leur tri en catégories, sans qu'il n'existe *a priori* de contraintes sur cette recommandation. En outre, les décisions concernant un projet peuvent ici être justifiées en référence à des projets tiers. Des arguments de la forme suivante sont ainsi autorisés : « En dépit de ses aspects positifs, le projet a été rejeté parce qu'il présente *tels* aspects négatifs qui le placent en moins bonne position que d'autres projets ».

Nous garantissons la validité théorique de SPADE, en amont, ce qui permet un temps de mise en œuvre réduit, et donc une utilisation en temps réel. Nous montrons ainsi que cette approche possède des propriétés désirables telles que la monotonie. En pratique, nous illustrons l'application de SPADE, en la comparant à deux autres approches d'aide multicritère à la décision, MAUT et ELECTRE, en mettant en exergue ses spécificités.

## 5.1 Introduction

Lorsqu'il s'agit d'aide à la décision en présence de critères multiples, le moyen le plus simple de comparer deux alternatives est d'utiliser la relation de dominance. La relation de dominance associée à un problème multicritère est basée sur l'unanimité des points de vue. Cependant, elle est généralement si pauvre qu'elle ne permet pas de résoudre le problème. Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur les méthodes de surclassement. Elles enrichissent la relation de dominance en se fondant d'une part sur un principe de majorité, et non plus d'unanimité, et d'autre part sur un principe de respect des minorités.

Une relation de surclassement est une relation binaire  $S$  sur un ensemble  $A$  d'alternatives, telle que  $xSy$  s'il existe suffisamment d'arguments pour déclarer que  $x$  est au moins aussi désirable que  $y$ , tandis qu'il n'existe aucune raison essentielle de rejeter cette affirmation. Ce principe peut être vu comme un compromis entre les relations de dominance trop pauvres, et celles, excessives, générées par les fonctions de valeur. En outre, ces méthodes diffèrent des méthodes basées sur les fonctions de valeur (telles que celles basées sur la théorie de l'utilité multi-attributs [KBA07]), de par le fait qu'elles ne nécessitent pas d'analyse subtile des taux de substitution entre attributs [BMP<sup>+</sup>00].

Les méthodes de surclassement comprennent deux phases principales : la construction d'une ou de plusieurs relation(s) de surclassement [Roy93], suivie d'une procédure d'exploitation [Van90]. La construction de relations de surclassement a pour but de comparer les paires d'alternatives, tandis que la procédure d'exploitation est utilisée pour élaborer une recommandation à partir des résultats de ces comparaisons. Les méthodes de surclassement existantes diffèrent selon :

1. La manière dont les alternatives sont comparées sur chaque critère.
2. La manière dont la relation de surclassement est construite.
3. Le type de résultat recherché (choix de la meilleure alternative, rangement des alternatives ou tri en catégories).

Nous proposons un nouveau type de relation de surclassement qui se base sur le cadre de travail défini en 3.

## 5.2 Construction des Relations de Surclassement

Nous définissons deux relations de surclassement  $S^+$  et  $S^-$ , sur les aspects positifs et négatifs, respectivement. Le but ici est de préserver la non-compensation entre ces aspects. Autrement dit, ceci reflète l'indépendance des deux axes mesurant la qualité des alternatives sur ce plan.

**Définition 5.2.1** Soient  $a$  et  $b$  deux alternatives dans  $A$ , Lors de la comparaison de leurs nombres d'aspects positifs<sup>1</sup> d'un certain type  $k, k \in \{1, 2, 3\}$ , deux situations sont possibles :

- $N_k^+(a) \geq N_k^+(b)$ . Nous notons cette situation  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow}_k b$ .
- $N_k^+(a) < N_k^+(b)$ . Nous notons cette situation  $a \stackrel{\downarrow}{\uparrow}_k b$ .

Par conséquent, la comparaison globale des aspects positifs de deux alternatives conduit à l'un des huit résultats  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} b$ ,  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} b$ ,  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} b$ ,  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} b$ ,  $a \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} b$ ,  $a \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} b$ ,  $a \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} b$  ou  $a \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} b$ . Par exemple, la notation  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} b$ , signifie que  $N_1^+(a) \geq N_1^+(b)$ ,  $N_2^+(a) < N_2^+(b)$  et  $N_3^+(a) \geq N_3^+(b)$ .

Pour enrichir la relation de SWOT-dominance  $\Delta$  présentée en section 4, on pourrait vouloir accepter le surclassement de  $a$  sur  $b$  dès lors que l'on a  $N_1^+(a) \geq N_1^+(b)$  et  $N_1^-(a) \leq N_1^-(b)$ , autrement dit, dès que  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow}_1 b$  et  $a \stackrel{\downarrow}{\uparrow}_1 b$ . Ceci conduirait à négliger totalement les conséquences modérées et mineures. Afin de leur donner un certain pouvoir, nous allons introduire un effet de veto que peuvent opposer ces 2 types de conséquences.

**Effet de Veto** : étant donnés deux nombres positifs  $v_1^+$  et  $v_2^+$ , dits seuils de veto sur les aspects positifs, nous dirons que les performances de  $b$  opposent un veto au surclassement si l'une des trois situations suivantes est constatée :

- La comparaison des deux alternatives conduit au résultat  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} b$  et l'inégalité suivante est vérifiée

$$N_1^+(b) + N_2^+(b) + N_3^+(b) - (N_1^+(a) + N_2^+(a) + N_3^+(a)) > v_1^+$$

Cette dernière condition sera notée  $bV_1^+a$ .

- La comparaison des deux alternatives conduit au résultat  $a \stackrel{\uparrow}{\downarrow} \stackrel{\downarrow}{\uparrow} \stackrel{\uparrow}{\downarrow} b$  et l'inégalité suivante est vérifiée

$$N_1^+(b) + N_2^+(b) - (N_1^+(a) + N_2^+(a)) > v_2^+$$

1. Ce qui suit est également valable pour les aspects négatifs. Pour alléger la présentation, nous ne le mentionnerons pas à chaque fois.

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

Cette dernière condition sera notée  $bV_2^+a$ .

- La comparaison des deux alternatives conduit au résultat  $a \overset{+}{\downarrow} \overset{+}{\downarrow} \overset{+}{\downarrow} b$  et la condition suivante est vérifiée

$$\begin{cases} N_1^+(b) + N_2^+(b) + N_3^+(b) - (N_1^+(a) + N_2^+(a) + N_3^+(a)) > v_1^+ \\ \text{ou} \\ N_1^+(b) + N_2^+(b) - (N_1^+(a) + N_2^+(a)) > v_2^+ \end{cases}$$

Cette condition sera notée  $bV_3^+a$ .

On notera  $V^+ = V_1^+ \cup V_2^+ \cup V_3^+$ .

Nous dirons que  $aS^+b$  (resp.  $aS^-b$ ), si et seulement si  $a \overset{+}{\downarrow} b$  (resp.  $a \overset{-}{\downarrow} b$ ) sans que  $b$  n'oppose de veto. La table 5.1 récapitule les relations résultant de la comparaison des aspects positifs (resp. négatifs) de deux alternatives  $a$  et  $b$ , en utilisant cette relation de surclassement.

Ces effets de *veto* donnent la possibilité à des aspects positifs de moindre importance (mineurs ou modérés, selon la situation à laquelle conduit la comparaison des alternatives) de se coaliser, afin de s'opposer à un avantage sur des aspects positifs plus importants. Les seuils de *veto* peuvent être vus comme la spécification du nombre minimum de critères devant constituer cette coalition, comparativement aux critères soutenant le surclassement. Par exemple, dans la situation  $a \overset{+}{\downarrow} \overset{+}{\downarrow} \overset{+}{\downarrow} b$ , la condition de *veto* peut être réécrite comme suit  $N_3^+(b) - N_3^+(a) - [N_1^+(a) + N_2^+(a) - (N_1^+(b) + N_2^+(b))] > v_1^+$ . Le seuil  $v_1^+$  représente simplement la différence minimum entre  $N_3^+(b) - N_3^+(a)$  (aspects en faveur de  $b$ , donc opposés au surclassement) et  $N_1^+(a) + N_2^+(a) - (N_1^+(b) + N_2^+(b))$  (aspects en faveur de  $a$ , donc soutenant le surclassement), nécessaires pour que l'opposition s'opère.

Il convient de noter que la grille d'importance des critères définie en 3.3 ne contenait qu'une information concernant l'*ordre* d'importance des critères, i.e. un critère est-il plus, ou moins important qu'un autre si leurs valeurs sont considérées comme des aspects positifs, et si elles sont considérées comme des aspects négatifs. Le sens donné aux labels des différents niveaux d'importance (*mineur*, *modéré*, *majeur*, par exemple) est fixé définitivement lors de la définition des seuils de *veto*, fixant ainsi l'importance de chaque critère. On impose que les seuils de *veto* soient tels que  $v_2^+ \leq v_1^+$ . Cette inégalité découle du fait que les aspects positifs modérés ont plus de poids que les aspects positifs mineurs.



5.2. CONSTRUCTION DES RELATIONS DE SURCLASSEMENT

$a?b$	Effet	$veto$	$aS^+b$ (resp. $aS^-b$ )
$a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{smallmatrix} b$ )		-	oui
$a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		$bV_1^+a$ (resp. $bV_1^-a$ )	non
$a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		$non(bV_1^+a)$ (resp. $non(bV_1^-a)$ )	oui
$a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		$bV_2^+a$ (resp. $bV_2^-a$ )	non
$a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		$non(bV_2^+a)$ (resp. $non(bV_2^-a)$ )	oui
$a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		$bV_3^+a$ (resp. $bV_3^-a$ )	non
$a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		$non(bV_3^+a)$ (resp. $non(bV_3^-a)$ )	oui
$a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{smallmatrix} b$ )		-	non
$a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		-	non
$a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		-	non
$a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ (resp. $a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ )		-	non

TABLE 5.1 – Relations résultant de la comparaison des forces de deux alternatives en utilisant la relation de surclassement de second ordre

### Hypothèses

La relation de surclassement  $S^+$  est définie à partir des résultats de la comparaison des deux alternatives  $a$  et  $b$ , comme suit :

- Si le résultat  $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{smallmatrix} b$  est observé, nous acceptons le surclassement  $aS^+b$ .
- Si  $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ ,  $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \uparrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$  ou  $a \begin{smallmatrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$  est observé, et que  $b$  n'oppose pas de  $veto$  au surclassement  $aS^+b$ , nous acceptons le surclassement  $aS^+b$ .
- Si  $a \begin{smallmatrix} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{smallmatrix} b$ , nous rejetons le surclassement  $aS^+b$ .

**Définition 5.2.2** Soient  $a$  et  $b$  deux alternatives dans  $A$ . Lors de la comparaison des aspects positifs et des aspects négatifs de ces deux alternatives, les relations possibles entre ces deux alternatives sont les suivantes :

- Nous dirons que  $a$  et  $b$  sont indifférentes, eu égard aux aspects positifs, que nous notons  $aI^+b$ , si et seulement si  $aS^+b$  et  $bS^+a$ .
- Nous dirons que  $a$  et  $b$  sont indifférentes, eu égard aux aspects négatifs, que nous notons  $aI^-b$ , si et seulement si  $aS^-b$  et  $bS^-a$ .

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

- Nous dirons que  $a$  est préférée à  $b$ , eu égard aux aspects positifs, que nous notons  $aP^+b$ , si et seulement si  $aS^+b$  et  $\text{non}(bS^+a)$ .
- Nous dirons que  $a$  est préférée à  $b$ , eu égard aux aspects négatifs, que nous notons  $aP^-b$ , si et seulement si  $aS^-b$  et  $\text{non}(bS^-a)$ .
- Nous dirons que  $a$  et  $b$  sont incomparables, eu égard aux aspects positifs, que nous notons  $aR^+b$ , si et seulement si  $\text{non}(aS^+b)$  et  $\text{non}(bS^+a)$ .
- Nous dirons que  $a$  et  $b$  sont incomparables, eu égard aux aspects négatifs, que nous notons  $aR^-b$ , si et seulement si  $\text{non}(aS^-b)$  et  $\text{non}(bS^-a)$ .

En conséquence, l'une des relations suivantes est établie, entre  $a$  et  $b$  :

- Nous dirons que  $a$  et  $b$  sont indifférentes, que nous notons  $aIb$ , si et seulement si  $aI^+b$  et  $aI^-b$ .
- Nous dirons que  $a$  est préférée à  $b$ , que nous notons  $aPb$ , si et seulement si  $aP^+b$  et  $aP^-b$ .
- Nous dirons que  $a$  est faiblement préférée à  $b$ , que nous notons  $aFb$ , si et seulement si  $aP^+b$  et  $aI^-b$  ou  $aI^+b$  et  $aP^-b$ .
- Nous dirons que  $a$  et  $b$  sont incomparables, que nous notons  $aRb$ , si et seulement si  $aR^+b$  ou  $aR^-b$ .

### Propriétés

**Proposition 5.2.3**  $\underline{\Delta}^+ \subset S^+$  et  $\underline{\Delta}^- \subset S^-$

*Preuve* : Il suffit de voir que la relation  $\underline{\Delta}^+$  (resp.  $\underline{\Delta}^-$ ) est identique à une relation de type  $S^+$  (resp.  $S^-$ ), dans laquelle les seuils de veto sont nuls.

**Proposition 5.2.4**  $I^+$  et  $I^-$  ne sont pas transitives.

*Preuve* : Nous montrons que  $I^+$  n'est pas transitive. Une démonstration similaire peut être faite pour  $I^-$ .

Soit  $a = (0, 1, 1; 0, 0, 0)$ ,  $b = (0, 2, 2; 0, 0, 0)$  et  $c = (0, 3, 3; 0, 0, 0)$ , et des seuils de veto tels que  $v_1^+ = 2$  et  $v_2^+ = 1$ . On a clairement  $bS^+a$ ,  $cS^+b$  et  $cS^+a$ , car on a respectivement  $b\Delta^+a$  et  $c\Delta^+b$  et  $c\Delta^+a$ . Par ailleurs, on a  $a\overset{+}{\downarrow}\overset{+}{\downarrow}\overset{+}{\downarrow}b$  et  $\text{non}(bV_3^+a)$ , donc  $aS^+b$ . De même, on a  $b\overset{+}{\downarrow}\overset{+}{\downarrow}\overset{+}{\downarrow}c$  et  $\text{non}(cV_3^+b)$ , donc  $bS^+c$ .

## 5.2. CONSTRUCTION DES RELATIONS DE SURCLASSEMENT

---

En revanche, on a  $\text{non}(aS^+c)$  car on se trouve dans la situation où  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ c$  et  $cV_3^+a$ , parce que  $\sum_{i=1}^3 N_i^+(c) - \sum_{i=1}^3 N_i^+(a) = 4 > 2$ . On a donc  $aI^+b$ ,  $bI^+c$  et  $\text{non}(aI^+c)$ .

**Proposition 5.2.5**  $P^+$  et  $P^-$  ne sont pas transitives.

*Preuve :* Nous montrons que  $P^+$  n'est pas transitive. Une démonstration similaire peut être faite pour  $P^-$ .

Soit  $a = (2, 1, 1; 0, 0, 0)$ ,  $b = (1, 2, 2; 0, 0, 0)$  et  $c = (0, 4, 1; 0, 0, 0)$ , et des seuils de veto tels que  $v_1^+ = v_2^+ = 2$ . On a clairement  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ b$ ,  $\text{non}(bV^+a)$  et  $b \downarrow^+ \uparrow^+ \uparrow^+ a$ , donc  $aP^+b$ , ainsi que  $b \downarrow^+ \downarrow^+ \uparrow^+ c$ ,  $\text{non}(cV^+b)$  et  $c \downarrow^+ \uparrow^+ \downarrow^+ b$ , donc  $bP^+c$ , mais  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ c$  et  $cV^+a$ , donc  $\text{non}(aP^+c)$ .

**Proposition 5.2.6**  $V_1^+$  et  $V_2^+$  (resp.  $V_1^-$  et  $V_2^-$ ) sont asymétriques et transitives.

*Preuve :* Immédiat d'après la définition de  $V_1^+$  et  $V_2^+$  (resp.  $V_1^-$  et  $V_2^-$ ).

Le résultat le plus remarquable est le suivant.

**Proposition 5.2.7**  $P$  n'admet pas de circuit.

*Preuve :* Nous montrons, tout d'abord, que  $P^+$  n'admet pas de circuit.

Supposons qu'il existe un circuit  $a_1, a_2, \dots, a_k, a_1$  dans le graphe représentant  $P^+$ , c'est à dire que l'on a  $a_j P^+ a_{j+1}, \forall j \in \{1, \dots, k-1\}$  et  $a_k P^+ a_1$ . Ceci implique  $a_j S^+ a_{j+1}, \forall j \in \{1, \dots, k-1\}$  et  $a_k S^+ a_1$  et donc  $N_1^+(a_1) \geq \dots \geq N_1^+(a_k) \geq N_1^+(a_1)$ , ce qui donne

$$N_1^+(a_1) = \dots = N_1^+(a_j) = \dots = N_1^+(a_k), \forall j \in \{1, \dots, k\}.$$

Nous avons également  $\text{non}(a_{j+1}S^+a_j), \forall j \in \{1, \dots, k-1\}$ , et  $\text{non}(a_1S^+a_k)$ . Compte tenu de l'observation précédente, ces non surclassements ne peuvent être obtenus que par des effets de veto. On a donc  $a_j V^+ a_{j+1}, \forall j \in \{1, \dots, k-1\}$ , et  $a_k V^+ a_1$ , autrement dit,  $a_1, a_2, \dots, a_k, a_1$  constitue un circuit dans le graphe représentant  $V^+$ .

Observons encore que pour tout arc  $(a, b)$  du circuit, on ne peut avoir la configuration  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ b$ . En effet, ceci entraînerait  $b \downarrow^+ \uparrow^+ \uparrow^+ a$ , et donc  $bS^+a$ , invalidant  $aP^+b$ . Il apparaît ainsi que, dans ce circuit on a  $V^+ = V_1^+ \cup V_2^+$ ,  $V_3^+$  étant vide.

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

On peut supposer, en outre, qu'il n'existe pas d'arcs  $(a, b)$ , tels que  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ b$ , dans le circuit. En effet, si  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ b$  et  $bP^+c$ , on a  $aP^+c$ . Le sommet  $b$  peut donc être omis, et la présente preuve appliquée au circuit de longueur  $k - 1$  résultant.

Tout arc  $(a, b)$  du circuit correspond donc soit à la situation  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ b$ , soit à la situation  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ b$ . Si on a  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ b$  alors on a  $b \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ a$  et  $aP^+b$  entraîne  $aV_1^+b$  et  $\text{non}(bV_2^+a)$ . Si on a  $a \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ b$  alors on a  $b \downarrow^+ \downarrow^+ \downarrow^+ a$  et  $aP^+b$  entraîne  $aV_2^+b$  et  $\text{non}(bV_1^+a)$ .

Nous avons donc un circuit  $a_1, a_2, \dots, a_k, a_1$  dans le graphe représentant  $V^+$ , et le circuit inverse  $a_1, a_k, \dots, a_2, a_1$  dans le graphe représentant  $\text{non}(V^+)$ . Notons ces deux circuits  $C[V^+]$  et  $C[\text{non}(V^+)]^{-1}$ , respectivement.

$V_i^+$  ( $i = 1, 2$ ) étant transitive, toute séquence  $a_{j_1}V_i^+a_{j_2}, \dots, a_{j_{\ell-1}}V_i^+a_{j_\ell}$  correspondant à des arcs consécutifs du circuit entraîne l'existence d'un arc  $(a_{j_1}, a_{j_\ell})$ . Il s'ensuit qu'il existe soit une paire d'arcs symétriques  $(a, b)$  correspondant à  $V_1^+$  et  $(b, a)$  correspondant à  $V_2^+$ , soit un circuit où chaque arc correspond alternativement à  $V_1^+$  et  $V_2^+$ . Le premier cas est impossible car on vient de montrer que  $aV_1^+b$  entraîne  $\text{non}(bV_2^+a)$ . Montrons maintenant qu'un circuit alterné tel que décrit dans le second cas ne peut pas exister non plus.

Supposons donc que  $C[V^+]$  est un circuit alterné. Ceci implique que les arcs de  $C[\text{non}(V^+)]^{-1}$  sont également alternés et que  $k$  est pair.

Nous avons donc les deux systèmes d'inéquations suivants, représentant respectivement les relations de  $C[V^+]$  et  $C[\text{non}(V^+)]^{-1}$ .

$$\begin{cases} N_2^+(a_1) + N_3^+(a_1) - N_2^+(a_2) - N_3^+(a_2) > v_1^+ & (a_1V_1^+a_2) \\ N_2^+(a_2) - N_2^+(a_3) > v_2^+ & (a_2V_2^+a_3) \\ \dots & \\ N_2^+(a_{k-1}) + N_3^+(a_{k-1}) - N_2^+(a_k) - N_3^+(a_k) > v_1^+ & (a_{k-1}V_1^+a_k) \\ N_2^+(a_k) - N_2^+(a_1) > v_2^+ & (a_kV_2^+a_1) \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} N_2^+(a_2) - N_2^+(a_1) \leq v_2^+ & (\text{non}(a_2 V_2^+ a_1)) \\ N_2^+(a_3) + N_3^+(a_3) - N_2^+(a_2) - N_3^+(a_2) \leq v_1^+ & (\text{non}(a_3 V_1^+ a_2)) \\ \dots & \\ N_2^+(a_k) - N_2^+(a_{k-1}) \leq v_2^+ & (\text{non}(a_k V_2^+ a_{k-1})) \\ N_2^+(a_1) + N_3^+(a_1) - N_2^+(a_k) - N_3^+(a_k) \leq v_1^+ & (\text{non}(a_1 V_1^+ a_k)) \end{array} \right.$$

En sommant les inéquations de chacun de ces deux systèmes, nous obtenons respectivement  $N_3^+(a_1) - N_3^+(a_2) + N_3^+(a_3) - N_3^+(a_4) + \dots + N_3^+(a_{k-1}) - N_3^+(a_k) > \frac{k}{2}v_1^+ + \frac{k}{2}v_2^+$  et  $N_3^+(a_1) - N_3^+(a_2) + N_3^+(a_3) - N_3^+(a_4) + \dots + N_3^+(a_{k-1}) - N_3^+(a_k) \leq \frac{k}{2}v_1^+ + \frac{k}{2}v_2^+$ , ce qui entraîne une contradiction. Il ne peut donc pas exister de circuit dans le graphe représentant  $P^+$ .

Une démonstration similaire permettrait de montrer que  $P^-$  n'admet pas, non plus, de circuit. Comme  $P = P^+ \cap P^-$ ,  $P$  est également sans circuit.

## 5.3 Procédures d'exploitation

Une procédure d'exploitation [Van90] sert à élaborer des recommandations à partir des résultats des comparaisons binaires d'alternatives. Une relation ne contenant pas de circuit admet toujours un ensemble d'éléments maximaux  $M$  [BV97]. Étant donné que  $P$  ne comporte pas de circuit, nous suggérons des procédures d'exploitation fondées sur la recherche d'éléments maximaux. Rappelons tout d'abord une propriété souhaitable pour une procédure de rangement.

### 5.3.1 Monotonie d'une procédure de rangement

La propriété de monotonie assure qu'améliorer l'évaluation d'une alternative, n'entraîne pas une détérioration de son classement. Nous rappelons la définition formelle de cette propriété, d'après [BV97], ainsi qu'un théorème dont la démonstration est tirée de cette même publication, offrant une condition suffisante de monotonie d'une procédure de rangement. Pour cela, nous considérons une relation de préférence  $P_x$ , nous notons  $P_x(A')$ , sa restriction à un sous-ensemble  $A' \subseteq A$  d'alternatives. Nous notons  $R$  une procédure de rangement basée sur une relation binaire, et  $R(A, a, P_x)$  le classement d'une alternative  $a$ , résultant de l'application de  $R$ , sur la base d'une relation de préférence  $P_x(A)$ . Une plus petite valeur de  $R(A, a, P_x)$  correspond à un meilleur classement.

**Définition 5.3.1** Une procédure de rangement  $R$  est dite monotone, si pour tout ensemble fini  $A$  d'alternatives et pour toute relation binaire  $P_x$ ,

$$R(A, a, P_x) \leq R(A, b, P_x) \rightarrow R(A, a, P_y) \leq R(A, b, P_y)$$

$$\text{et } R(A, a, P_x) < R(A, b, P_x) \rightarrow R(A, a, P_y) < R(A, b, P_y)$$

où  $P_y$  est une relation de préférence telle que  $P_x(A - \{a\}) = P_y(A - \{a\})$  et  $aP_xc \rightarrow aP_yc$  et  $\text{non}(cP_xa) \rightarrow \text{non}(cP_ya)$ .

**Théorème 5.3.2 [BV97]** Une procédure de rangement basée sur le choix itéré des éléments maximaux d'un graphe sans circuit est monotone.

### 5.3.2 Procédures proposées

#### Problématique de choix

L'ensemble des meilleures alternatives est donné par  $M_1$ , l'ensemble des éléments maximaux du graphe représentant  $P$  sur  $A$ .

S'il est besoin de distinguer encore plus d'éventuelles multiples alternatives qui se retrouveraient dans  $M_1$ , la relation de préférence faible peut être utilisée. Cependant, il convient de noter que cette relation peut contenir des circuits ou être insuffisante pour départager toutes ces alternatives. Dans de tels cas de figure, et s'il faut absolument choisir un vainqueur unique, la calibration des échelles peut être affinée, eu égard aux performances des alternatives de  $M_1$ , et SPADE réutilisée sur ce sous-ensemble d'alternatives. Le sens donné à une force, faiblesse ou valeur neutre sera ici relatif aux performances des alternatives dans  $M_1$ . Il convient cependant de conserver la même définition de l'importance des critères. Ces traitements additionnels peuvent dans certains cas ne pas suffire à élire un unique vainqueur. Comme toute procédure de choix, SPADE peut donc conduire à des *ex-aequo*.

#### Problématique de rangement

Nous proposons la procédure suivante, consistant en l'utilisation itérée de la procédure de choix et qui est par conséquent monotone. Elle est polynomiale en  $n$ , le nombre d'alternatives dans  $A$ .

1. Identifier  $M_1$  l'ensemble des éléments maximaux du graphe représentant  $P$  sur  $A$ .
2. Identifier  $M_2$  l'ensemble des éléments maximaux du sous-graphe issu de  $A - M_1$ .

#### 5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA DÉCISION

---

3. Répéter, jusqu'à l'identification de tous les ensembles d'éléments maximaux successifs  $M_1 \dots M_G$ .

L'ensemble  $M_1$  représente l'ensemble des meilleures alternatives et un rangement des alternatives est donné par les rangs  $M_1$  à  $M_G$ .

La relation de préférence faible peut également être utilisée pour départager d'éventuels *ex-aequo* dans chaque rang  $M_1$  à  $M_G$ .

#### Problématique de tri

Différentes procédures standards de tri, dont un passage en revue peut être trouvé dans [Hen00], peuvent ici s'appliquer directement en exploitant la relation  $P$ .

### 5.4 Application : Évaluation de sites potentiels pour la localisation d'une centrale nucléaire et brève comparaison avec deux autres modèles d'aide à la décision

La présente section est basée sur les données d'une application réelle effectuée par Keeney et Nair (KN), et publiée dans [KN76], et sur l'étude comparative de Roy et Bouyssou (RB), d'un modèle concurrent d'aide à la décision, sur la même application. Cette dernière étude a été publiée dans [RB86], et une version plus détaillée peut être trouvée dans [RB83]. Nous conservons les notations *modèle U* et *modèle S*, pour désigner respectivement le modèle de type MAUT utilisé par l'équipe KN, et le modèle de type Electre III, utilisé par l'équipe RB.

Dans la suite de cette section, nous rappellerons les données du problème, ainsi que les résultats obtenus par les modèles U et S, nous analyserons brièvement ces résultats, puis nous utiliserons SPADE sur la même application, afin d'illustrer la manière dont les préférences y sont élicitées, représentées et agrégées. Nous analyserons enfin les résultats obtenus par SPADE, et identifierons certaines propriétés des trois modèles, qui peuvent expliquer les divergences dans leurs recommandations.

En revanche, nous ne nous intéresserons pas à la procédure préalable de construction des critères. Nous nous fierons donc aux critères utilisés dans le modèle S et utiliserons les mêmes évaluations.

L'obtention d'informations auprès du décideur, dans un format directement utilisable dans SPADE nous ayant été encore moins possible qu'aux auteurs RB, notre but principal est simplement d'explicitier l'utilisation de la méthode. Nous avons effectué la paramétrisation du modèle en essayant, dans la mesure du possible, de traduire l'information publiée, et de nous baser sur ce que nous avons considéré comme des choix de bon sens. Les raisonnements ayant conduit à cette paramétrisation ne sont donc présentés qu'à titre illustratif.

### 5.4.1 Données du problème

Après une procédure de filtrage préalable, un ensemble de neuf sites, notés  $\{S_1, \dots, S_9\}$ , sont considérés pour l'implantation d'une centrale nucléaire. Chaque site potentiel est évalué selon six points de vue.

1. La sûreté et l'impact éventuel sur la santé des populations aux alentours du site ( $X_1$ ).
2. Les pertes éventuelles de saumons dues à l'absorption de la chaleur de la centrale par des courants d'eau ( $X_2$ ).
3. L'impact biologique sur les régions aux alentours du site (en excluant les pertes de saumons) ( $X_3$ ).
4. L'impact socio-économique de l'implantation de la centrale ( $X_4$ ).
5. L'impact esthétique des lignes à haute tension alimentant la centrale ( $X_5$ ).
6. Le coût<sup>2</sup> annuel d'investissement et des opérations ( $X_6$ ).

Un ordre d'importance de ces points de vue a été élicité auprès du décideur, par les auteurs KN et utilisé pour construire les paramètres du modèle U. Cet ordre, sur lequel nous nous baserons également, est le suivant :

$$X_6 > X_1 > X_2 > X_4 > X_5 > X_3$$

Mentionnons, par ailleurs, les coefficients d'importance des critères utilisés dans le modèle U. Ceci afin de donner un ordre de grandeur de l'importance relative de chaque point de vue. Nous n'utiliserons, cependant, pas les valeurs exactes de ces coefficients dans la suite.

$$k_6 = 0.400$$

---

2. Il s'agit, plus précisément, du coût différentiel entre chaque alternative et l'alternative la moins coûteuse, qui aura donc une évaluation nulle sur ce critère. Il est exprimé en millions de dollar par an.



5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR  
LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE  
COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA  
DÉCISION

---

$$k_1 = 0.358$$

$$k_2 = 0.218$$

$$k_4 = 0.104$$

$$k_5 = 0.059$$

$$k_3 = 0.013$$

De plus amples détails concernant ces données, peuvent être trouvés dans [KN76].

Sur la base des informations utilisées dans le modèle U, les auteurs RB ont construit un ensemble de critères dont nous reproduisons les valeurs pour chaque alternative dans le tableau 5.2. Tous ces critères sont à minimiser et de plus amples détails concernant leur construction peuvent être trouvés dans [RB86] et [RB83].

Comme mentionné précédemment, nous utiliserons, dans SPADE, les mêmes évaluations que dans le modèle S. Nous noterons simplement les sites  $\{a_1, \dots, a_9\}$ , au lieu de  $\{S_1, \dots, S_9\}$  et les critères  $\{h_1, \dots, h_6; h_2'', h_2'\}$ , au lieu de  $\{g_1, \dots, g_6; g_2'', g_2'\}$

### 5.4.2 Recommandation recherchée

Résoudre ce problème consiste à déterminer :

- les sites qui peuvent être totalement éliminés à ce stade du processus de décision.
- les sites, parmi ceux restants, qui sont les plus susceptibles d'être les meilleurs.

### 5.4.3 Remarques concernant les données du problème

1. Il convient, tout d'abord, de noter que le site  $S_2$  domine, assez nettement, le site  $S_1$ . Sur les critères les plus importants : il coûte deux millions de dollars de moins et est une fois et demi plus sûr, avec des performances égales sur les critères moins importants. Cela veut dire, qu'indépendamment de tout modèle de préférence, le site  $S_1$  n'a aucune chance d'être sélectionné, tant que  $S_2$  existe. Dans la suite, nous verrons que cette relation de dominance entre  $S_2$  et  $S_1$ , que les deux études antérieures n'ont pas jugé utile de relever, peut avoir de l'importance.

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

Alt.	$g_1 = h_1$	$g_2'' = h_2''$	$g_2' = h_2'$	$g_3 = h_3$	$g_4 = h_4$	$g_5 = h_5$	$g_6 = h_6$
$S_1 = a_1$	<b>0.057</b>	6000	21.91	2	3	1	<b>2.035</b>
$S_2 = a_2$	<b>0.04</b>	6000	21.91	2	3	1	<b>0</b>
$S_3 = a_3$	0.025	6000	21.91	2	3	7	1.535
$S_4 = a_4$	0.048	825	11.12	4	4	6	1.933
$S_5 = a_5$	0.044	2250	19.56	5	3	12	12.347
$S_6 = a_6$	0.023	750	10.61	5	4	1	17.713
$S_7 = a_7$	0.052	450	8.21	3	4	0	4.834
$S_8 = a_8$	0.011	4300	6.55	2	4	0	10.936
$S_9 = a_9$	0.018	3650	6.04	1	3	0	11.423

TABLE 5.2 – Valeurs des critères d'évaluation dans le modèle S, pour chaque alternative. Nous utiliserons ces mêmes valeurs dans SPADE.

2. Le deuxième critère est défini par une mesure d'effets indésirables, à minimiser. Il est donc similaire à un critère de risque, et possède, une plus grande capacité d'opposition que de conviction (dans le contexte de la construction d'une centrale nucléaire, évidemment). Le modèle U, tout comme le modèle S, considèrent de manière symétrique, qu'il est aussi désirable de préserver de nombreux saumons, qu'il n'est indésirable de tuer de nombreux saumons, alors que le système de valeur du décideur peut être différent. En effet, il peut être justifié de considérer que provoquer la mort de nombreux saumons, soit un argument important **contre** la construction d'une centrale nucléaire, mais ne tuer que peu ou même aucun saumon n'est pas un argument important **pour** la construction d'une centrale nucléaire.
3. Toujours à propos de ce même critère, et vu que nous considérons que la centrale sera construite de toute façon, il peut être justifié d'estimer qu'il possède uniquement une valeur ordinale. Autrement dit, il peut être justifié de ne pas s'intéresser aux valeurs exactes des pertes de saumons (qui ne sont d'ailleurs que des estimations subjectives agrégées [KN76]), et de considérer simplement l'ordre des alternatives selon ce point de vue. Les auteurs RB considèrent deux versions de ce critère :  $g_2'' = \bar{Z}$  et  $g_2' = \bar{Z} \cdot \sqrt{Y}$ , où  $Y$  est le nombre total de saumons vivant dans une rivière et  $Z$  est une variable aléatoire représentant le pourcentage de saumons détruits. Notons  $O_2''$  et  $O_2'$  les deux ordres qu'induisent, respectivement, ces deux versions du critère.

$$O_2'' : S_7 > S_6 > S_4 > S_5 > \mathbf{S}_9 > \mathbf{S}_8 > S_1 = S_2 = S_3$$

5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR  
LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE  
COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA  
DÉCISION

---

$$O'_2 : \mathbf{S}_9 > \mathbf{S}_8 > S_7 > S_6 > S_4 > S_5 > S_1 = S_2 = S_3$$

Nous constatons donc que d'un point de vue purement ordinal, passer de  $g''_2$  à  $g'_2$  consiste à améliorer les positions du couple d'alternatives  $S_9$  et  $S_8$ , en conservant exactement le même ordre parmi les autres alternatives. Nous verrons cependant que, dans le modèle S, ce passage aura un effet négatif sur la manière dont  $S_9$  se compare à  $S_2$ , par exemple.

#### 5.4.4 Résultats obtenus par les modèles U et S

La Figure 5.1 résume les résultats de l'application des procédures d'agrégation des modèles U et S.

#### 5.4.5 Remarques concernant les résultats obtenus par les modèles U et S

1. Comme mentionné par les auteurs RB, l'une des grandes divergences dans les conclusions des deux modèles concerne l'alternative  $S_1$ . Cette divergence s'explique par le fait que l'un est parfaitement compensatoire, quand l'autre ne l'est que partiellement.
2. La dominance de  $S_1$  par  $S_2$ , si elle ne permet évidemment pas de dire lequel des deux modèles a raison, peut cependant offrir un éclairage pour la comparaison de leurs conclusions. En effet, si on accepte l'idée que cette dominance se traduit par l'élimination de  $S_1$  indépendamment de tout modèle de préférence, dans l'univers du modèle U elle implique l'élimination des alternatives moins bien classées que  $S_1$ , autrement dit de toutes les alternatives à l'exception de  $S_2$  et  $S_3$ . Le problème d'aide à la décision s'en trouverait très simplifié, Il s'agirait de choisir entre ces deux alternatives, qui possèdent les mêmes évaluations sur la moitié des critères.
3. Le passage de la version du modèle S considérant  $g''_2$ , à celle considérant  $g'_2$ , s'il améliore, comme nous l'avons vu, la position de  $S_9$ , se traduit par la dégradation de la position de  $S_9$  vis-à-vis de  $S_2$ . La non-vérification par le modèle S de la propriété dite d'indépendance vis-à-vis des alternatives tierces peut être à l'origine de ce type d'effets.

*CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)*

---

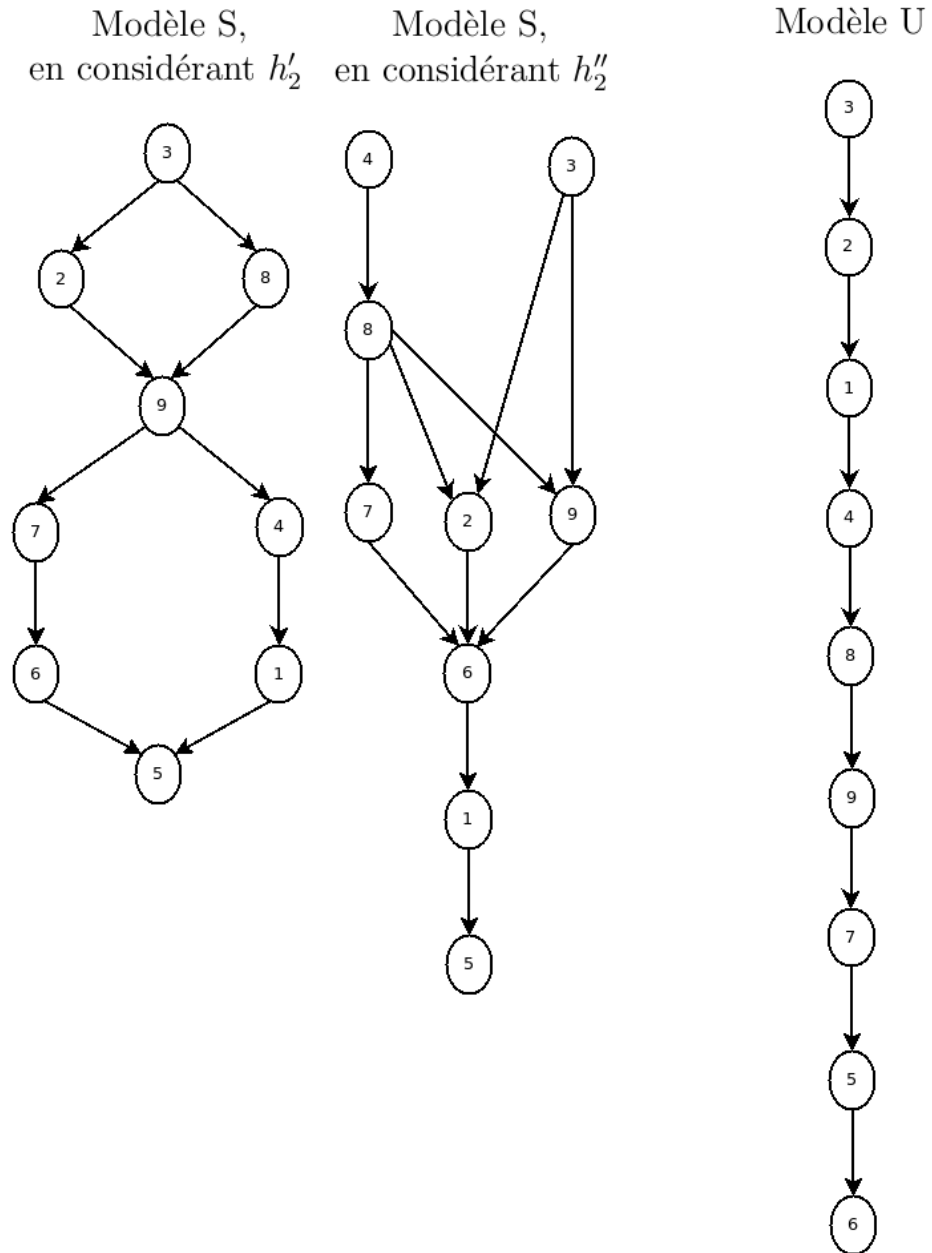


FIGURE 5.1 – Graphes représentant les recommandations des modèles S et U

### 5.4.6 Utilisation de SPADE sur la même application

#### Importance des critères

Sur la base des informations disponibles dans [KN76], que nous avons reprises en section 5.4.1, ainsi que de quelques considérations de bon sens, nous fixons les niveaux d'importance des critères. Ces choix, qui ne prétendent avoir qu'une valeur illustrative, sont représentés en figure 5.2. Nous les justifions comme suit :

- **Importance de  $h_6$**  : Le coût est le seul aspect purement économique parmi les six points de vue considérés. On imagine aisément que c'est la principale préoccupation d'un manager ayant à cœur de maximiser le profit de l'organisation ou sa valeur pour les actionnaires, ou d'un responsable politique voulant minimiser la force des arguments de ces opposants. Ce critère aura donc une importance majeure, à la fois pour les forces et les faiblesses.
- **Importance de  $h_1$**  : La sûreté est également un argument très important. Des effets néfastes importants sur la santé des populations, seraient un argument de poids, pour les opposants à une centrale. En revanche, le fait qu'une centrale n'ait que des effets *peu néfastes* sur la santé des populations semble être un argument plus faible. En effet, il est raisonnable de s'attendre à ce que les centrales nucléaires construites soient sûres, donc on ne peut pas mettre en avant cet argument en faveur de la centrale, avec autant de force que ne le feraient ses opposants, avec l'argument inverse. Nous considérons que ce critère possède une importance majeure pour une faiblesse et modérée pour une force.
- **Importance de  $h_2$**  : Comme expliqué précédemment le critère mesurant les pertes de saumons possède une force d'opposition beaucoup plus importante que sa force de conviction. Songer à un dépliant mettant en avant le fait qu'une centrale nucléaire ne tue que 200.000 saumons par an, pour vanter ses mérites. On a du mal à l'imaginer ! Dire que la centrale sauve/préserve de nombreux saumons chaque année serait inexact, et nécessiterait des renvois en bas de page expliquant sous quelles conditions cette assertion est vraie. On voit que cela serait un argument très faible, si l'on veut convaincre. On peut, en revanche, imaginer que provoquer la mort de 2.000.000 de saumons par an soit un argument de poids pour les opposants à une centrale.
- **Importance de  $h_4$**  : Ce critère, d'importance moyenne pour le décideur de [KN76], semble avoir un potentiel d'opposition semblable à

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

son potentiel de conviction. On peut mettre en avant l'harmonie de l'intégration locale d'une centrale et ses effets socio-économiques bénéfiques, comme on peut reprocher à une autre centrale d'avoir détruit le tissu socio-économique local. L'importance de ce critère sera donc modérée, à la fois pour une force et pour une faiblesse.

- **Importance de  $h_3$  et  $h_5$**  : Les critères les moins importants pour le décideur. Si  $h_3$ , pour les mêmes raisons que  $h_2$ , semble avoir une plus grande capacité d'opposition que de conviction, on peut imaginer le coté esthétiquement plaisant d'installations industrielles dans leur environnement comme un argument du moins formulable (cet argument a par exemple été mis en avant par EDF, à l'aide de photographies, et utilisé dans des affiches publicitaires), même si ayant peu de poids. Nous considérons donc que l'importance de  $h_3$  est mineure pour une force et modérée pour une faiblesse, et à l'opposé, que celle de  $h_5$  est modérée pour une force, mineure pour une faiblesse.

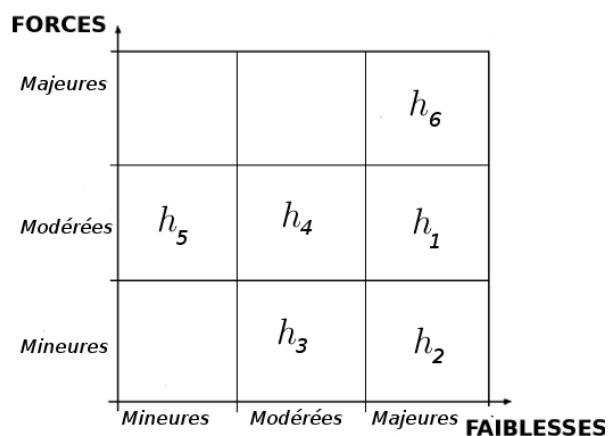


FIGURE 5.2 – Importance des critères

### Calibration des échelles

La calibration des échelles est un aspect dépendant fortement des préférences du décideur (contrairement à l'importance des critères qui peut reposer sur des considérations générales). Déterminer les valeurs considérées comme des forces, valeurs neutres ou faiblesses, pour chaque critère, en se basant ou non sur l'ensemble d'alternatives (selon qu'il soit indiqué ou non que les jugements soient relatifs) sont des choix qui, nous l'avons dit en introduction de ce document, doivent impliquer le décideur. Il nous a donc été difficile de calibrer les échelles sans la présence d'un décideur réel. Nous nous

5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR  
LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE  
COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA  
DÉCISION

---

Critère	$h_1$	$h'_2$	$h''_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	$h_6$
Forces	0 – 0.030	0 – 11	0 – 900	1 – 2	1 – 2	0 – 5	0 – 2
Valeurs Neutres	0.031 – 0.045	11.001 – 20	901 – 3000	3	3	6 – 7	2.001 – 11
Faiblesses	0.046 – 0.060	20.001 – 30	3001 – 6000	4 – 5	4 – 5	8 – 12	11.001 – 20

TABLE 5.3 – Calibration des échelles des critères

sommes basés, sur les regroupements apparents des évaluations des neuf alternatives, tels que représentés en Figure 5.3, sur les échelles des critères, et sur les seuils d'indifférence utilisés par RB dans [RB83], lorsque cela a été possible.

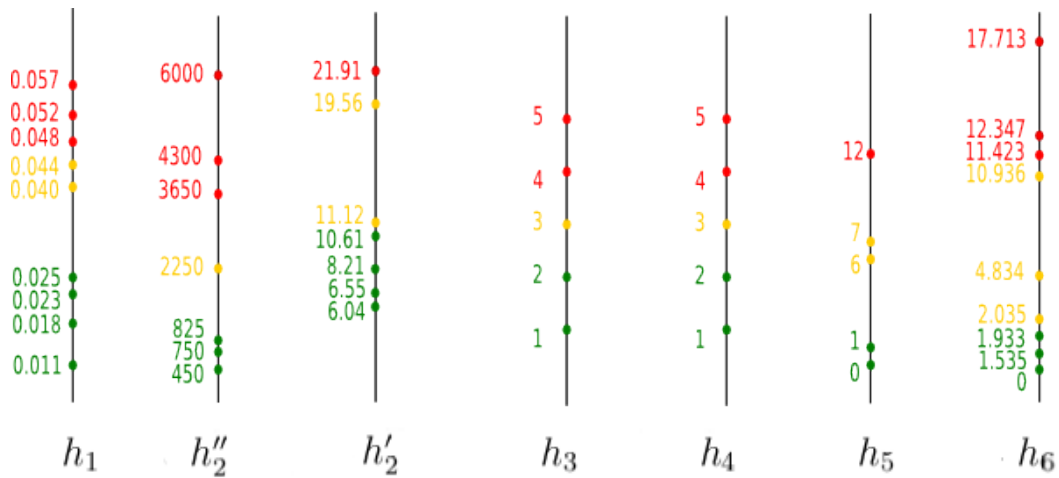


FIGURE 5.3 – Regroupements apparents des évaluations des alternatives sur chaque critère

La calibration des échelles proposée est présentée en Table 5.3. Les profils de chaque alternative, en considérant  $h''_2$  et  $h'_2$  sont, respectivement, présentés en Table 5.4 et en Table 5.5. La calibration des échelles présentée a essentiellement un but illustratif.

### Construction des relations de surclassement

Les tableaux 5.6 et 5.9 présentent, respectivement, les résultats des comparaisons des forces et des faiblesses des huit alternatives, en considérant le

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

Alt.	$N_1^+$	$N_2^+$	$N_3^+$	$N_1^-$	$N_2^-$	$N_3^-$
a <sub>1</sub>	0	1	1	2	0	0
a <sub>2</sub>	1	1	1	1	0	0
a <sub>3</sub>	1	1	1	1	0	0
a <sub>4</sub>	1	0	<b>1</b>	1	2	0
a <sub>5</sub>	0	0	0	1	1	1
a <sub>6</sub>	0	2	1	1	2	0
a <sub>7</sub>	0	1	1	1	1	0
a <sub>8</sub>	0	2	<b>1</b>	<b>1</b>	1	0
a <sub>9</sub>	0	2	<b>1</b>	<b>2</b>	0	0

TABLE 5.4 – Forces, Valeurs Neutres, et Faiblesses des neuf alternatives, en considérant  $h_2''$

Alt.	$N_1^+$	$N_2^+$	$N_3^+$	$N_1^-$	$N_2^-$	$N_3^-$
a <sub>1</sub>	0	1	1	2	0	0
a <sub>2</sub>	1	1	1	1	0	0
a <sub>3</sub>	1	1	1	1	0	0
a <sub>4</sub>	1	0	<b>0</b>	1	2	0
a <sub>5</sub>	0	0	0	1	1	1
a <sub>6</sub>	0	2	1	1	2	0
a <sub>7</sub>	0	1	1	1	1	0
a <sub>8</sub>	0	2	<b>2</b>	<b>0</b>	1	0
a <sub>9</sub>	0	2	<b>2</b>	<b>1</b>	0	0

TABLE 5.5 – Forces, Valeurs Neutres, et Faiblesses des neuf alternatives, en considérant  $h_2'$



5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR  
LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE  
COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA  
DÉCISION

---

critère  $h'_2$ . La comparaison des forces de  $a_1$  à celles de  $a_6$  conduit, par exemple, au résultat  $a_1 \uparrow \downarrow a_6$ . Cela signifie que  $N_1^+(a_1) \geq N_1^+(a_6)$ ,  $N_2^+(a_1) < N_2^+(a_6)$  et  $N_3^+(a_1) \geq N_3^+(a_6)$ . Dans une telle situation, il est possible que  $a_6$  oppose un *veto* au surclassement  $a_1 S^+ a_6$ . Il suffirait pour cela que  $N_1^+(a_6) + N_2^+(a_6) - (N_1^+(a_1) + N_2^+(a_1)) > v_2^+$ . Nous notons  $D_2$  les différences de la forme  $N_1^+(b) + N_2^+(b) - (N_1^+(a) + N_2^+(a))$ , qui sont comparées aux seuils de *veto*  $v_2^+$ , dans les situations de type  $a \uparrow \downarrow b$ , et  $D_1$  les différences de la forme  $N_1^+(b) + N_2^+(b) + N_3^+(b) - (N_1^+(a) + N_2^+(a) + N_3^+(a))$ , qui sont comparées aux seuils de *veto*  $v_1^+$ , dans les situations de type  $a \uparrow \downarrow b$ .

Toujours en considérant le critère  $h'_2$ , les tableaux 5.7 et 5.10 présentent, respectivement, les relations de surclassement sur les forces et les faiblesses, entre les alternatives, lorsque ces relations sont établies ou rejetées indépendamment d'effets de *veto*. Dans les cas où il y a possibilité qu'une alternative oppose un *veto* au surclassement, comme cela est le cas entre  $a_1$  et  $a_6$  dans le tableau 5.7, par exemple, ces tableaux présentent les valeurs des différences  $D_1$  et/ou  $D_2$  à comparer aux seuils de *veto*. Ces relations sont représentées dans les graphes en Figure 5.4, et en Figure 5.5, pour les forces et les faiblesses respectivement, toujours eu égard à  $h'_2$ . Dans ces graphes, les boîtes contiennent des alternatives ayant les mêmes profils. Les arcs continus représentent des relations de préférence  $P^+$ , sur les forces, et  $P^-$ , sur les faiblesses, établies indépendamment des effets de *veto*, et ceux en pointillés représentent des relations de préférence potentielles, qui seraient établies pour certaines valeurs des seuils de *veto*, et rejetées pour d'autres. Dans ces cas-là, il y aurait incomparabilité ou indifférence. Ainsi entre  $a_1$  et  $a_6$ , dans le graphe en Figure 5.4, on a  $a_6 P^+ a_1$  pour  $v_2^+ = 0$ , et  $a_6 I^+ a_1$ , pour tout autre valeur de ce seuil de *veto*.

### Élicitation des seuils de *veto*

Comme décrits en section 5.2, les effets de *veto* dans SPADE, s'ils modélisent également une idée d'opposition à un surclassement, ont un sens très différent de ceux initialement introduits par les méthodes Electre. En effet, dans les modèles tels que le modèle S, le seuil de *veto* représente, sur un critère, des écarts de performance estimés suffisants pour s'opposer à un surclassement. Il a pour but d'empêcher que des désavantages importants, sur un critère, ne soient compensés par des avantages mineurs, sur d'autres. Il y a donc potentiellement autant de seuils de *veto* que de critères, et leur valeurs dépendent des échelles de ces critères. Dans SPADE, nous avons vu que le

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

*veto* représentait une différence minimum requise entre le **nombre** de critères de moindre importance, formant une coalition qui s'oppose au surclassement, et le nombre (forcément plus petit) de critères importants soutenant le surclassement. Il y a donc moins de seuils de *veto*, et moins de valeurs possibles pour ces seuils. Ainsi, dans l'application courante. Les valeurs possibles pour les seuils de *veto* correspondent aux valeurs des différences de type  $D_1$  et  $D_2$  dans les tableaux 5.7 et 5.10. Les valeurs possibles sont ainsi les suivantes :

$$v_1^+ \in \{0, 1, 2, 3, 4\} \text{ et } v_2^+ \in \{0, 1, 2\} \text{ avec } v_1^+ \geq v_2^+$$

$$v_1^- \in \{0, 1, 2\} \text{ et } v_2^- \in \{0, 1, 2\} \text{ avec } v_1^- \geq v_2^-$$

Selon le contexte de décision, l'élicitation des valeurs des seuils de *veto* peut se faire de manière absolue, c'est à dire indépendamment des évaluations des alternatives courantes. Il faut, dans ce cas, expliquer la définition des effets de *veto* au décideur.

En raisonnant sur la grille d'importance des critères en Figure 5.2, et si nous voulons, par exemple, éliciter la valeur du seuil  $v_2^+$  sur les forces, la question à poser est « *Considérons une alternative a qui présente une meilleure performance qu'une alternative b sur l'aspect  $h_6$  (Coût), combien d'aspects parmi  $h_1, h_4$  et  $h_5$  doivent être en faveur de b, pour qu'elle soit aussi forte que a ?* ». Les réponses possibles sont 2, correspondant à un seuil  $v_2^+ = 0$ , ou encore 3, correspondant à un seuil  $v_2^+ = 1$ , ou sinon le décideur peut répondre qu'aucune coalition de  $h_1, h_4$  et  $h_5$ , ne peut s'opposer à une bonne performance sur  $h_6$ , ce qui correspondrait à un seuil  $v_2^+ = 2$ . Pour l'élicitation de  $v_1^+$ , une procédure similaire peut être utilisée en considérant une coalition formée de  $h_2$  et  $h_3$ , qui s'opposerait à un critère parmi  $h_1, h_4, h_5$  et  $h_6$ .

L'élicitation des seuils de *veto* peut aussi, lorsque le contexte le permet, se baser sur des choix de référence concernant les alternatives courantes, en utilisant des supports tels que le tableau 5.7 ou la Figure 5.4. Il s'agit ici de questionner le décideur directement sur des relations qu'il souhaite ou non conserver, les réponses à ces questions permettant de déduire, de proche en proche, les valeurs des seuils. Ainsi, demander au décideur s'il considère que  $a_6$  est plus forte que  $a_1$ , ce qui revient à lui demander s'il souhaite conserver l'arc (6,1), dans le graphe en Figure 5.4, permet de déduire, si la réponse est oui que  $v_1^+ = 0$ , et si c'est non que  $v_1^+ \in \{1, 2, 3, 4\}$ . Il peut y avoir, dans le pire des cas (cas où il s'avèrerait que le décideur ne veut aucun effet de *veto*, et que les questions posées sont mal choisies), autant de questions de ce type à poser que de valeurs possibles pour les seuils de *veto*. Elles sont,

5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR  
LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE  
COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA  
DÉCISION

---

Alt.	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>
a <sub>1</sub>	—	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↑↑↑	↑↓↑	↑↑↑	↑↓↓	↑↓↓
a <sub>2</sub>	↑↑↑	—	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↓↑	↑↑↑	↑↓↓	↑↓↓
a <sub>3</sub>	↑↑↑	↑↑↑	—	↑↑↑	↑↑↑	↑↓↑	↑↑↑	↑↓↓	↑↓↓
a <sub>4</sub>	↑↓↓	↑↓↓	↑↓↓	—	↑↑↑	↑↓↓	↑↓↓	↑↓↓	↑↓↓
a <sub>5</sub>	↑↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↓↑↑	—	↑↓↓	↑↓↓	↑↓↓	↑↓↓
a <sub>6</sub>	↑↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↑↑↑	—	↑↑↑	↑↑↓	↑↑↓
a <sub>7</sub>	↑↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↑↑↑	↑↓↑	—	↑↓↓	↑↓↓
a <sub>8</sub>	↑↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	—	↑↑↑
a <sub>9</sub>	↑↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	—

TABLE 5.6 – Comparaison des forces, en considérant  $h'_2$

par exemple, au nombre de 14 dans cette application. Cependant, un minimum de bon sens comme l'élicitation les seuils  $v_2^+$  avant  $v_1^+$ , et  $v_2^-$  avant  $v_1^-$  et un choix judicieux des couples d'alternatives sur lesquelles questionner le décideur, permettent de réduire considérablement le nombre de questions à poser.

Pour cette application, nous fixons les seuils de *veto* à  $v_1^+ = v_2^+ = v_1^- = v_2^- = 0$ . Ce modèle considère donc, que pour s'opposer à un surclassement, une coalition d'aspects modérés ne doit comporter qu'un critère de plus qu'une coalition d'aspects majeurs, et qu'une coalition d'aspects mineurs doit comporter un critère de plus qu'une coalition d'aspects majeurs et modérés. Il s'agit donc du modèle qui accorde le plus d'importance relative aux aspects de moindre importance (modérés et mineurs). Le but est d'éprouver quelque peu la robustesse de notre solution qui, comme nous le verrons, recommande malgré cela des alternatives ayant de bonnes performances sur les critères majeurs.

Les tableaux 5.8 et 5.11 présentent, respectivement, les relations de surclassement sur les forces et les faiblesses, dans ce modèle, et les Figures 5.6 et 5.7 illustrent les relations de préférence sur les forces et les faiblesses, qui en résultent.

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

Alt.	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>
a <sub>1</sub>	–	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$D_2 = 1$	$S^+$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$
a <sub>2</sub>	$S^+$	–	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$D_2 = 0$	$S^+$	$D_1 = 1$ $D_2 = 0$	$D_1 = 1$ $D_2 = 0$
a <sub>3</sub>	$S^+$	–	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$D_2 = 0$	$S^+$	$D_1 = 1$ $D_2 = 0$	$D_1 = 1$ $D_2 = 0$
a <sub>4</sub>	$D_1 = 2$ $D_2 = 0$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	–	$S^+$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	$D_1 = 1$ $D_2 = 0$	$D_1 = 3$ $D_2 = 1$	$D_1 = 3$ $D_2 = 1$
a <sub>5</sub>	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	–	$D_1 = 3$ $D_2 = 2$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	$D_1 = 4$ $D_2 = 2$	$D_1 = 4$ $D_2 = 2$
a <sub>6</sub>	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	–	$S^+$	$D_1 = 1$	$D_1 = 1$
a <sub>7</sub>	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$D_1 = 1$	–	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$
a <sub>8</sub>	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	–	$S^+$
a <sub>9</sub>	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	–

TABLE 5.7 – Relation de surclassement sur les forces, en considérant  $h'_2$ , pour toutes valeurs des seuils de *veto*

Alt.	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>
a <sub>1</sub>	–	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$
a <sub>2</sub>	$S^+$	–	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$
a <sub>3</sub>	$S^+$	–	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$
a <sub>4</sub>	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	–	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$
a <sub>5</sub>	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	–	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$
a <sub>6</sub>	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	–	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$
a <sub>7</sub>	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$\neg(S^+)$	–	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$
a <sub>8</sub>	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	–	$S^+$
a <sub>9</sub>	$S^+$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$\neg(S^+)$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	$S^+$	–

TABLE 5.8 – Relation de surclassement sur les forces, en considérant  $h'_2$ , pour  $v_1^+ = v_2^+ = 0$

5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR  
LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE  
COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA  
DÉCISION

---

Alt.	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>
a <sub>1</sub>	—	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑	↓↑
a <sub>2</sub>	↑↑↑	—	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↓↑↑	↑↑↑
a <sub>3</sub>	↑↑↑	↑↑↑	—	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↓↑↑	↑↑↑
a <sub>4</sub>	↑↓↑	↑↓↑	↑↓↑	—	↑↓↑	↑↑↑	↑↓↑	↓↑↑	↑↓↑
a <sub>5</sub>	↑↓↓	↑↓↓	↑↓↓	↑↓↓	—	↑↑↓	↑↑↓	↓↑↓	↑↓↓
a <sub>6</sub>	↑↓↑	↑↓↑	↑↓↑	↑↑↑	↑↓↑	—	↑↓↑	↓↑↑	↑↓↑
a <sub>7</sub>	↑↓↑	↑↓↑	↑↓↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	—	↓↑↑	↓↑↓
a <sub>8</sub>	↑↓↑	↑↓↑	↑↓↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	—	↑↓↑
a <sub>9</sub>	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↓↑↑	—

TABLE 5.9 – Comparaison des faiblesses, en considérant  $h'_2$

Alt.	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>
a <sub>1</sub>	—	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$
a <sub>2</sub>	$S^-$	—	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$\neg(S^-)$	$S^-$
a <sub>3</sub>	$S^-$	$S^-$	—	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$\neg(S^-)$	$S^-$
a <sub>4</sub>	$D_2 = 0$	$D_2 = 2$	$D_2 = 2$	—	$D_2 = 1$	$S^-$	$D_2 = 1$	$\neg(S^-)$	$D_2 = 2$
a <sub>5</sub>	$D_1 = 1$ $D_2 = 0$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$	$D_1 = 0$	—	$D_1 = 0$	$D_1 = 1$	$\neg(S^-)$	$D_1 = 2$ $D_2 = 1$
a <sub>6</sub>	$D_2 = 0$	$D_2 = 2$	$D_2 = 2$	$S^-$	$D_2 = 1$	—	$D_2 = 1$	$\neg(S^-)$	$D_2 = 2$
a <sub>7</sub>	$D_2 = 0$	$D_2 = 1$	$D_2 = 1$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	—	$\neg(S^-)$	$D_2 = 1$
a <sub>8</sub>	$D_2 = -1$	$D_2 = 0$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	—	$D_2 = 0$
a <sub>9</sub>	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$\neg(S^-)$	—

TABLE 5.10 – Relation de surclassement sur les faiblesses, en considérant  $h'_2$ ,  
pour toutes valeurs des seuils de *veto*

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE  
RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE  
PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

Alt.	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>
a <sub>1</sub>	–	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$
a <sub>2</sub>	$S^-$	–	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$\neg(S^-)$	$S^-$
a <sub>3</sub>	$S^-$	$S^-$	–	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$\neg(S^-)$	$S^-$
a <sub>4</sub>	$S^-$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	–	$\neg(S^-)$	$S^-$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$
a <sub>5</sub>	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	–	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$
a <sub>6</sub>	$S^-$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$S^-$	$\neg(S^-)$	–	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$
a <sub>7</sub>	$S^-$	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	–	$\neg(S^-)$	$\neg(S^-)$
a <sub>8</sub>	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	–	$S^-$
a <sub>9</sub>	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$S^-$	$\neg(S^-)$	–

TABLE 5.11 – Relation de surclassement sur les faiblesses, en considérant  $h'_2$ , pour  $v_1^- = v_2^- = 0$

### Exploitation des relations de surclassement et construction des recommandations

Nous construisons, le graphe représentant, entre les neuf alternatives, la relation de préférence globale  $P$ , telle que définie en 5.2. Sa représentation graphique, ainsi que le rangement qui en résulte, est donnée en Figure 5.9 en considérant  $h''_2$ , et en Figure 5.8 en considérant  $h'_2$ .

#### 5.4.7 Interprétation des résultats obtenus par SPADE

Les résultats obtenus par SPADE conduisent aux remarques suivantes :

- $a_2$  et  $a_3$ , qui apparaissent en tête de classement dans les deux versions du critère  $h_2$ , sont les meilleures alternatives : peu coûteuses, relativement sûres et moyennes sur les critères de moindre importance. Elles sont tellement bonnes que même leur faiblesse en terme de pertes de saumons est compensée.

En revanche, on ne saurait recommander l'une de ces alternatives, plutôt que l'autre. Choisir directement entre ces deux alternatives devrait être aisé pour le décideur. Seuls trois critères les différencient.  $h_6$  et  $h_5$  sont en faveur de  $a_2$ ,  $h_1$  est en faveur de  $a_3$ . Il s'agit donc, grossièrement, de choisir entre le coût et la sûreté avec l'impact esthétique qui peut éventuellement renforcer l'avantage de  $a_2$  sur l'aspect coût.

#### 5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA DÉCISION

---

- $a_8$  et  $a_9$  sont de très bonnes alternatives : très sûres mais relativement coûteuses. Elles ne sont néanmoins pas assez bonnes pour que les pertes de saumons qu'elles induisent, en considérant  $h_2''$ , soient compensées. Elles se retrouvent, cependant, parmi les meilleures alternatives lorsque cette faiblesse est ajustée à la taille des fleuves, en considérant  $h_2'$ .
- $a_4$  n'est jamais parmi les meilleures alternatives. Même lorsque favorisée par l'utilisation du critère  $h_2''$ , et par l'importance relative maximale que nous avons accordée aux aspects de moindre importance, elle s'avère plus chère et moins sûre que  $a_2$  et  $a_3$ , avec de moins bonnes performances sur les autres critères. Le seul critère en faveur de  $a_4$  est celui mesurant les pertes de saumon, mais cela ne saurait être un critère *pour* la construction d'une centrale.
- Les alternatives  $a_5$  et  $a_1$  (indépendamment même du fait que cette alternative soit dominée par  $a_2$ ) peuvent être éliminées.

##### 5.4.8 Comparaison des résultats obtenus par les trois modèles

- Comme noté et expliqué par les auteurs RB, la principale différence entre les conclusions du modèle U et celles du modèle S concerne l'alternative  $a_1$ . Son bon classement dans le modèle U tient au fait que ce modèle est totalement compensatoire. Nous avons montré que cette alternative ne pouvait cependant pas être choisie, parce qu'elle est dominée, de manière assez prononcée, par  $a_2$ .
- La principale différence entre les conclusions du modèle S et celles de SPADE concerne l'alternative  $a_4$ . Si cette alternative est l'une des meilleures alternatives, pour le modèle S, en considérant  $h_2''$ , elle n'est au mieux que moyenne pour SPADE. Cette différence illustre un effet, qui peut également être vu comme une compensation indésirable dans certains contextes : de bonnes performances sur des critères ayant principalement une capacité d'opposition (ici les pertes de saumons), compensant de mauvaises performances sur des critères ayant surtout une capacité de conviction (ici le coût et la sûreté). En outre, et parce que SPADE vérifie la propriété d'indépendance vis-à-vis des tierces alternatives, elle ne peut pas entraîner des effets tels que celui décrit en section 5.4.5. C'est à dire la dégradation du classement de  $a_9$  vis-à-vis de  $a_2$ , en dépit de l'amélioration ordinaire de ces performances.

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

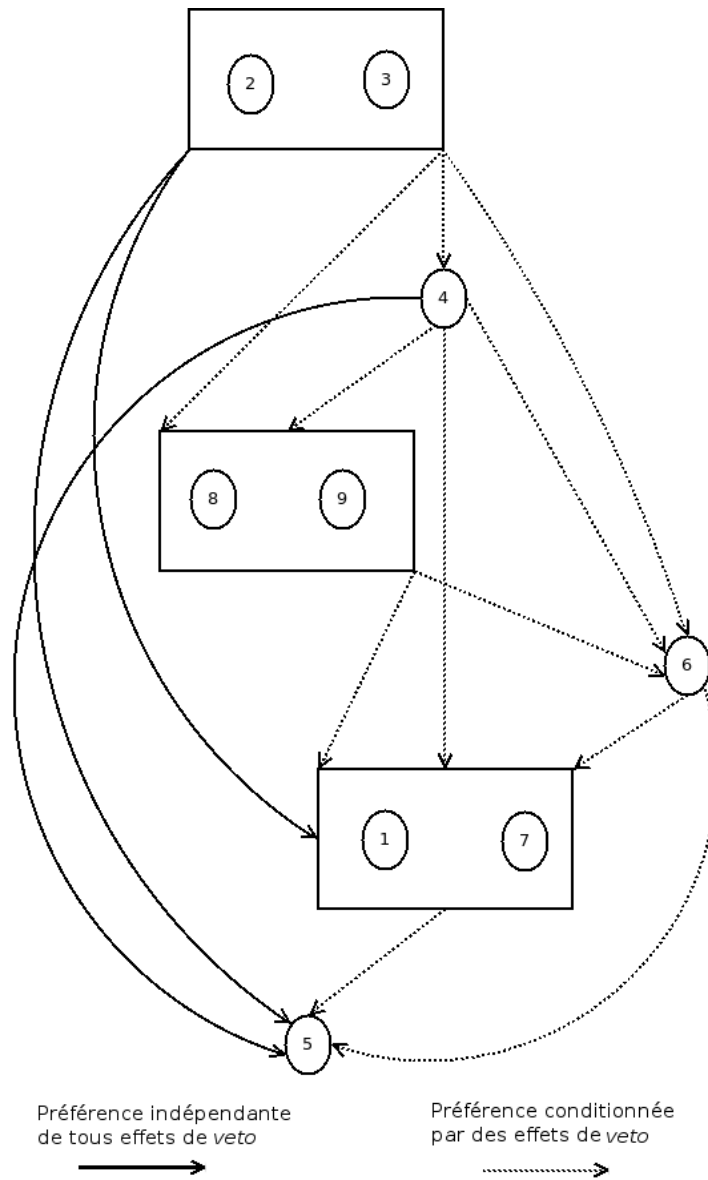


FIGURE 5.4 – Relation  $P^+$  de préférence sur les forces, en considérant  $h'_2$ , pour toutes valeurs des seuils de *veto*



5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA DÉCISION

---

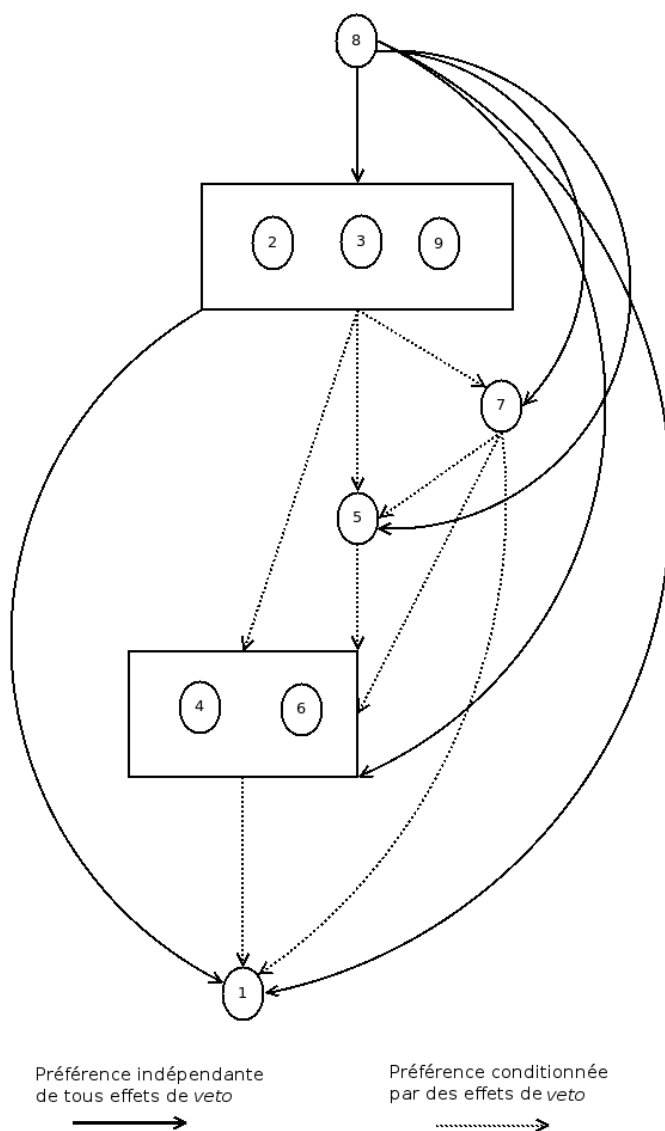


FIGURE 5.5 – Relation  $P^-$  de préférence sur les faiblesses, en considérant  $h'_2$ , pour toutes valeurs des seuils de *veto*

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

---

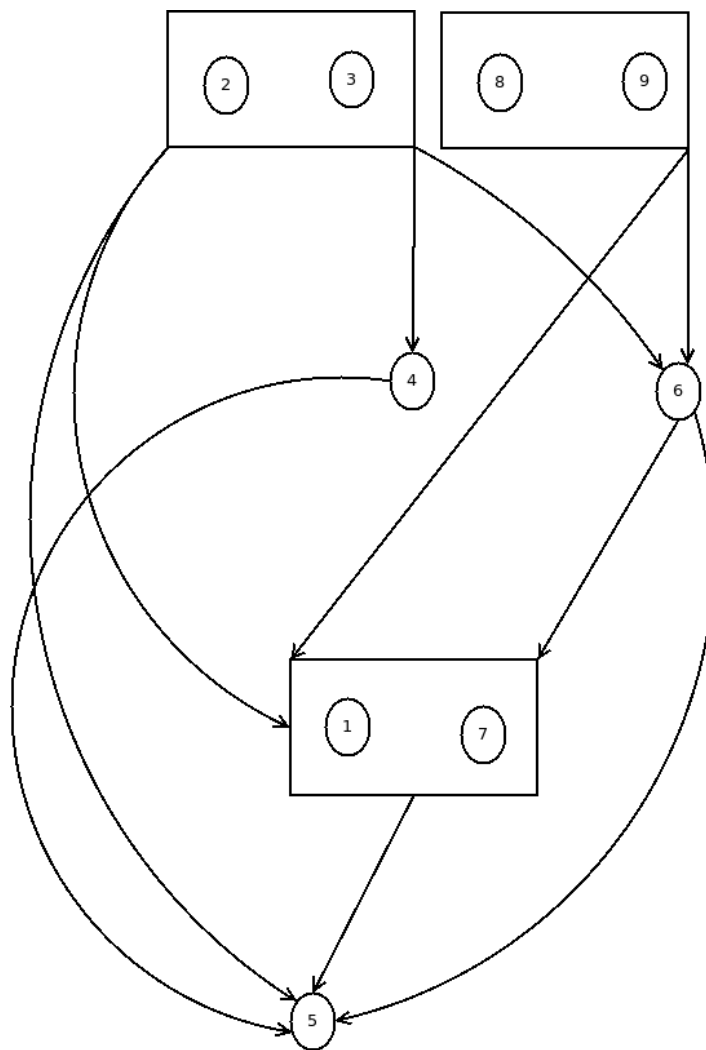


FIGURE 5.6 – Relation  $P^+$  de préférence sur les forces, en considérant  $h'_2$ , pour  $v_1^+ = v_2^+ = 0$

5.4. APPLICATION : ÉVALUATION DE SITES POTENTIELS POUR  
 LA LOCALISATION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE ET BRÈVE  
 COMPARAISON AVEC DEUX AUTRES MODÈLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION

---

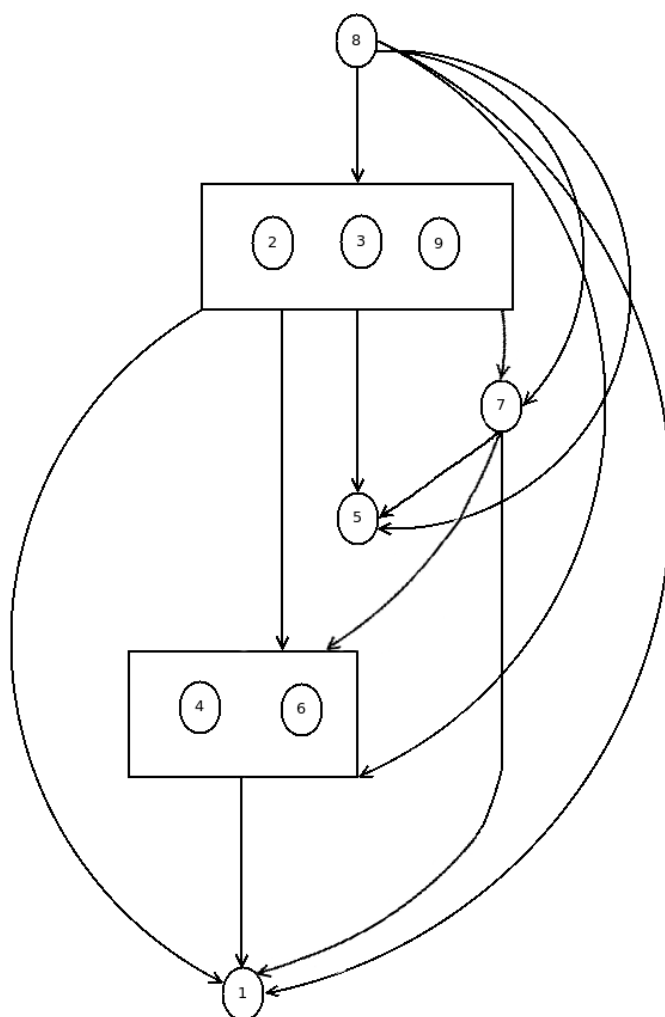


FIGURE 5.7 – Relation  $P^-$  de préférence sur les faiblesses, en considérant  $h'_2$ , pour  $v_1^- = v_2^- = 0$

CHAPITRE 5. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE CHOIX, DE RANGEMENT OU DE TRI : L'APPROCHE SPADE (STRUCTURE DE PRÉFÉRENCE POUR L'AIDE À LA DÉCISION)

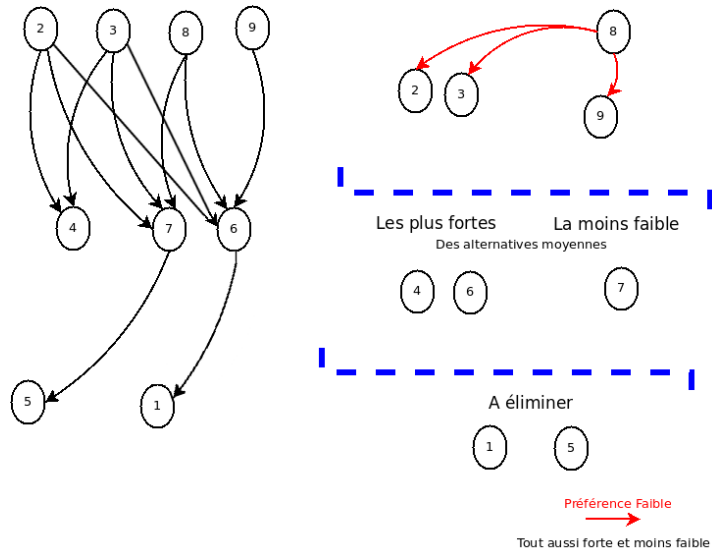


FIGURE 5.8 – Relation de préférence globale en considérant  $h'_2$

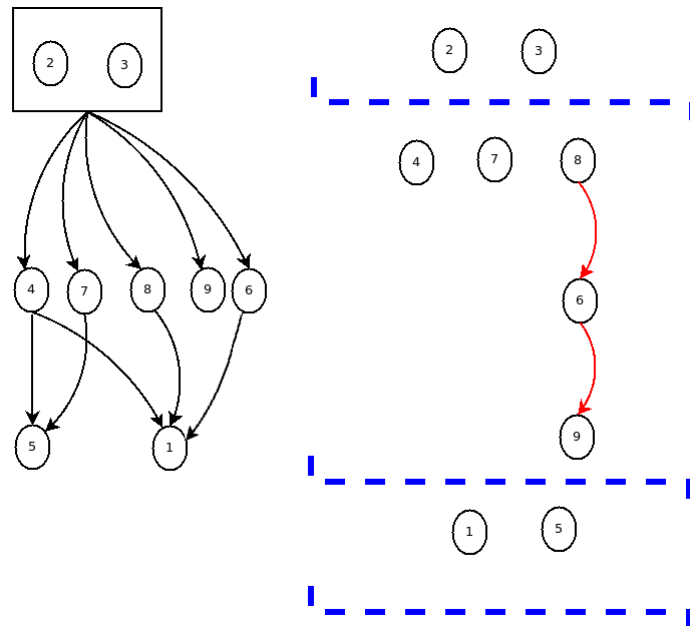


FIGURE 5.9 – Relation de préférence globale en considérant  $h''_2$

## Chapitre 6

# La SPP comme un problème de tri contraint : l'approche RADAR (Règles d'Aide à la Décision et à l'ARgumentation)

### Résumé du chapitre

RADAR est une approche à base de règles logiques. Elle est destinée à des contextes décisionnels plus contraints et/ou dans lesquels la recommandation attendue est plus précise. Il s'agit de construire un portefeuille des meilleurs projets, eu égard à des contraintes *a priori* sur sa constitution (comme une diversification ou un coût total voulu). De plus, pour chacun des choix qu'elle recommande, l'approche RADAR construit des arguments logiques le justifiant, ces arguments se basant exclusivement sur la qualité intrinsèque de chaque projet en référence à une norme de qualité fixe. Ces arguments peuvent donc être communiqués aux porteurs de projets, sans faire référence à des projets tiers. Ils sont, par exemple, de la forme suivante : « En dépit de ces aspects positifs, le projet a été rejeté parce qu'il présente *tels* aspects négatifs qui ne lui font pas vérifier *telle* norme de qualité ».

La validation théorique de cette approche consiste à assurer la cohérence formelle du système de règles logiques. Nous proposons un programme linéaire permettant d'effectuer cette validation. Cependant, sa résolution est nécessaire à chaque mise en œuvre de RADAR, ce qui limite l'application de cette approche au temps différé. Nous illustrons une telle application sur un jeu de données représentant des évaluations de projets financés par le fond des nations unies pour la démocratie (UNDEF).

## 6.1 Motivations

En plus d'aider un décideur à choisir les meilleurs projets parmi un ensemble  $A$  de projets, il peut être voulu que les recommandations soient, dans la mesure du possible, indépendantes de la qualité globale des alternatives. Autrement dit, il s'agit de fixer une norme standard selon laquelle tous les projets seraient évalués. L'utilité de cette façon de procéder apparaît notamment lors de la justification des décisions de rejet. En effet, les arguments utilisés pour justifier ces décisions ne peuvent, dans certains contextes, être basés sur la manière dont les projets se comparent entre eux. La norme d'évaluation serait ici utilisée pour construire l'argumentation. Mousseau, Dias et Figueira dans [MDF03] ont défini un type de modèle permettant de traiter ces problèmes de tri dans lesquels il existe des préférences sur la composition des catégories. Nous proposons ici un modèle de ce type, dans lequel nous avons choisi de décomposer le processus de décision en deux phases : une phase d'évaluation (durant laquelle les jugements de valeur seront absolus), suivis d'une phase de sélection (intégrant des jugements relatifs). Ceci a le mérite de définir le point, dans le processus de décision, au delà duquel la propriété d'indépendance n'est plus assurée. Cependant, nous verrons que les arguments construits pour justifier les décisions prises durant la phase de sélection ne font référence qu'à la qualité intrinsèque de chaque alternative relativement à une norme fixe.

Les systèmes à base de règles logiques sont des modèles très utilisés en aide multicritère à la décision [Paw97, GMS01, AV02] du fait de la proximité de leur formalisme avec le langage naturel. S'ils ne souffrent pas des limitations liées à la compréhension de la notion d'importance des critères par les utilisateurs, c'est précisément parce que la plupart de ces méthodes négligent simplement cet aspect. Par conséquent, aussi bien les utilisateurs que les concepteurs de tels systèmes sont souvent incapables de dire si un critère y est considéré comme étant plus ou moins important qu'un autre. De telles informations peuvent cependant être éventuellement inférées au fur et à mesure de l'utilisation du système. Une raison possible du manque d'intérêt de tels systèmes pour la formalisation de la notion d'importance des critères réside peut être dans le fait que ces procédures d'agrégation sont traditionnellement utilisées dans un contexte d'apprentissage par l'exemple. Quoi qu'il en soit, les praticiens montrent un intérêt grandissant pour ce type de méthodes, induit par le développement des *Business Rules Engines* [Chi04].

Notre approche a pour but d'allier les avantages de deux familles de méthodes d'aide multicritère à la décision. Il s'agit brièvement de la flexibilité et richesse des méthodes fonctionnelles ou relationnelles pour la modélisation

des préférences et l'expressivité et proximité avec le langage naturel des systèmes de règles logiques.

### 6.1.1 Système d'affectation à base de règles logiques

Reprenant le cadre de travail défini au chapitre 3, nous notons  $HS_1$ ,  $HS_2$  et  $HS_3$ , les ensembles d'attributs sur lesquels les conséquences d'une force sont respectivement considérées comme majeures, modérées ou mineures. De manière similaire  $HW_1$ ,  $HW_2$  et  $HW_3$ , seront les ensembles d'attributs sur lesquels une faiblesse est considérée comme majeure, modérée ou mineure. La calibration des échelles telle que définie en section 3.2 nous permet de spécifier pour chaque valeur  $d \in D^q$  prise par un attribut  $h_q$ ,  $q \in \{1, \dots, Q\}$ , si elle correspond à une force, faiblesse ou encore si elle est neutre. Par conséquent, chaque alternative  $a \in A$  sera représentée par un vecteur d'entiers naturels  $(N_1^+(a), N_2^+(a), N_3^+(a); N_1^-(a), N_2^-(a), N_3^-(a))$ , dit profil de  $a$ . Dans ce qui suit, nous ne ferons pas de distinction entre une alternative et son profil. Enfin, nous considérons  $C = \{C_1, \dots, C_k, \dots, C_l\}$ , un ensemble de catégories dans lesquelles les alternatives doivent être affectées. Si les catégories de  $C$  sont ordonnées préférentiellement, nous considérerons  $C_1$  comme la catégorie la plus désirable et  $C_l$  comme la catégorie la moins désirable.

Les règles d'affectation conditionnelle sont construites selon le formalisme classique Si **condition** Alors **affectation**. La partie condition d'une règle peut être de l'une des deux formes suivantes proposées par Azibi et Vanderpooten dans [AV02] :

- $Pred_1[\nabla, n, H', V']$ ,  
Avec  $\nabla \in \{\text{Au plus, Exactement, Au moins}\}$ ,  
 $H' \subset H$  et  $V' \subset \{Forces, Neutres, Faiblesses\}$  où  $n \leq |H'|$ .  
Le signification d'une condition de ce type est "{Au plus, Exactement, Au moins}  $n$  attributs dans  $H''$  présentent des valeurs considérées comme  $\{Forces, Neutres, Faiblesses\}$ ".
- $Pred_2[\nabla, n, H', H'', V', V'']$ ,  
Avec  $\nabla \in \{\text{Au plus, Exactement, Au moins}\}$ ,  
 $H' \subset H$ , et  $V', V'' \subset \{Forces, Neutres, Faiblesses\}$ .  
 $n \leq |H'|$  est le seuil de la condition. Le signification d'une condition de ce type est "La différence entre le nombre d'attributs dans  $H'$  prenant des valeurs considérées comme des  $V'$  et le nombre d'attributs dans  $H''$  prenant des valeurs considérées comme des  $V''$  est {Au plus, Exactement, Au moins} égale à  $n$ ".

CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)

---

Ces conditions permettent notamment d'exprimer les principes suivants :

**Principe de majorité :** Il s'agit de conditions spécifiant le nombre minimum de facteurs positifs, négatifs ou neutres que présente un projet. Elles peuvent porter sur le nombre total de ces facteurs parmi toutes les évaluations du projet (exemple : spécifier qu'une majorité de critères prennent des valeurs considérées comme des faiblesses) ou, plus spécifiquement, sur les facteurs d'une certaine importance (exemple : spécifier qu'une majorité de critères prennent des valeurs considérées comme des forces majeures, ou que parmi les faiblesses du projets, une majorité soient mineures).

**Principe de compensation :** Il s'agit de conditions spécifiant le nombre minimum de facteurs positifs nécessaires pour annuler les effets de facteurs négatifs (ou vice-versa), sur la perception globale de la qualité d'un projet (exemple : spécifier que parmi toutes les évaluations, il y ait deux faiblesses de plus que le nombre de forces). Ces conditions peuvent également porter sur un même ensemble de facteurs, la compensation se faisant entre facteurs, positifs par exemple, de différents niveaux d'importance (exemple : spécifier que parmi les forces d'un projet, il y ait une forces majeure de plus que le nombre de forces mineures ou modérées).

Soit  $R$  une base de règles dont la structure est représentée en Figure 6.1. À chaque catégorie  $C_k$ , correspond une règle globale  $R_k, k \in \{1, \dots, l\}$ . Nous avons donc  $R = R_1 \vee \dots \vee R_k \vee \dots \vee R_l$ .

Chaque règle globale  $R_k$  est une disjonction de  $m_k$  règles d'affectation  $R_k^j, j \in \{1, \dots, m_k\}$ . Nous avons donc  $R_k = R_k^1 \vee \dots \vee R_k^{m_k}, k \in \{1, \dots, l\}$ .

Enfin, chaque règle d'affectation  $R_k^j$  consiste en une conjonction de  $n_k^j$  conditions élémentaires  $r_k^{ji}, i \in \{1, \dots, n_k^j\}, j \in \{1, \dots, m_k\}, k \in \{1, \dots, l\}$ , c'est à dire que  $R_k^j = r_k^{j1} \wedge \dots \wedge r_k^{jn_k^j}$ .

D'après [AV02], un tel système de règles logiques doit posséder certaines propriétés pour qu'il puisse être utilisé comme un système de tri. Ces propriétés sont les suivantes :

- **Complétude :** Chaque alternative doit être affectée à au moins une catégorie. Autrement dit, chaque alternative doit être couverte par au moins une règle globale  $R_k; k \in \{1, \dots, l\}$ .
- **Exclusivité :** Aucune alternative ne doit être affectée à deux catégories différentes  $C_i$  et  $C_j$ . Autrement dit, aucune alternative ne doit être couverte par deux règles globales différentes  $R_{k_1}$  et  $R_{k_2}; k_1, k_2 \in \{1, \dots, l\} : k_1 \neq k_2$ .
- **Monotonie :** Aucune alternative ne doit être affectée à une catégorie moins désirable que les catégories auxquelles des alternatives qu'elle





domine sont affectées. Autrement dit, pour toute paire d'alternatives  $a$  et  $b$  telles que  $a$  domine  $b$ ,  $a$  doit être affectée à une catégorie au moins aussi bonne que celle à laquelle  $b$  est affectée.

### **6.1.2 Construction du modèle**

Dans un contexte de sélection de portefeuilles de projets, nous considérons trois catégories dans lesquelles les alternatives peuvent être affectées durant la phase de sélection :

- Projets acceptés ( $C_1$ ) : Ce sont les alternatives qui constitueront le portefeuille de projets sélectionnés.
- Projets en suspens ( $C_2$ ) : Ce sont les alternatives écartées du portefeuille de projets, mais qui pourraient y être adjointes si un projet sélectionné venait à devenir indisponible ou si les conditions d'acceptation sont relaxées.
- Projets rejetés ( $C_3$ ) : Ce sont les alternatives écartées du portefeuille de projets sélectionnés et qui ne pourront y être ultérieurement intégrées.

Lors de la construction du système, nous donnons à l'utilisateur le choix entre trois types de bases de règles, correspondant à différents raisonnements cognitifs pour l'établissement d'une recommandation. Ces bases de règles admettent une représentation logique utilisant le formalisme décrit en section 6.1.1.

Le premier ensemble de règles est libre, dans le sens où, les raisons d'accepter, de rejeter ou de mettre en suspens un projet sont à éliciter auprès de l'utilisateur. Ce type de système est le plus adéquat dans les cas où le décideur possède une compréhension claire des raisons qui lui feraient prendre l'une ou l'autre de ces trois décisions concernant un projet.

Une telle base de règles permet une certaine liberté dans la spécification des principes guidant chaque décision. En contrepartie, une procédure assurant sa complétude, exclusivité et monotonie doit être utilisée. Azibi et Vanderpooten, dans [AV02], ont proposé une telle procédure basée sur la programmation linéaire. Elle consiste à résoudre des programmes linéaires de tailles réduites pour vérifier chaque propriété désirable. La forme de la base de règles est ainsi fixée, de proche en proche, en alternant des phases d'interaction avec le décideur et de résolution de programmes linéaires. En section 6.1.5, nous présentons une procédure de validation différente, même si

## 6.1. MOTIVATIONS

---

elle utilise elle aussi la programmation linéaire. Dans cette procédure, nous considérons les paramètres de la base de règles comme les variables d'un programme linéaire unique, mais de relative grande taille. Chaque solution réalisable correspond à une base de règles valide, vérifiant les trois propriétés simultanément, et respectant les préférences exprimées par le décideur.

En plus des bases de règles de forme libre, nous proposons dans ce qui suit, deux autres ensembles de règles ayant une structure prédéfinie. Ils possèdent tous deux la propriété de complétude par construction et diffèrent dans les processus cognitifs qu'ils modélisent. En effet, des psychologues étudiant les processus cognitifs utilisés par des experts dans un contexte d'évaluation par les pairs [Kas94] ont constaté que les participants perçoivent la situation comme une tâche de résolution de problème consistant à chercher des lacunes (faiblesses) dans le projet à évaluer. Si le poids cumulé de ces lacunes dépasse un certain seuil de tolérance psychologique, une décision de rejet s'ensuit. Autrement, la décision concernant le projet serait mise en suspens, sous certaines conditions, et elle serait acceptée sous d'autres. Ceci est le raisonnement sous-jacent dans la seconde base de règles.

Par ailleurs, lors de la constitution d'un portefeuille de projets, l'utilisateur peut fournir un ensemble de caractéristiques prédéfinies que devrait posséder un projet sélectionné. Le raisonnement sous-jacent au processus de sélection est ici de vérifier si un projet présente ces caractéristiques désirables et de le sélectionner si c'est le cas. Sinon, s'il ne possède qu'une partie de ces caractéristiques désirables ou d'autres caractéristiques désirables mais de moindre importance, il est affecté à la catégorie des projets en suspens. Enfin, un projet qui ne satisfait à aucune de ces exigences est rejeté. Ceci est le processus cognitif modélisé par le troisième type de bases de règles. Grossièrement, le raisonnement ici est de chercher des raisons d'accepter un projet et de le rejeter si aucune raison n'est trouvée, ce qui est sans doute un raisonnement naturel pour constituer un portefeuille.

### **Base de règles libre**

Il s'agit du type de bases de règles le plus général des trois. Il requiert que des raisons spécifiques d'accepter, mettre en suspens ou rejeter un projet soient élicitées directement ou établies à partir de décisions de référence. Ce raisonnement peut être représenté tel qu'en Figure 6.2.

Dans ce qui suit, nous donnons un exemple d'une telle base de règles présentée en Table 6.1. Il s'agit uniquement d'une illustration, les conditions

CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)

---

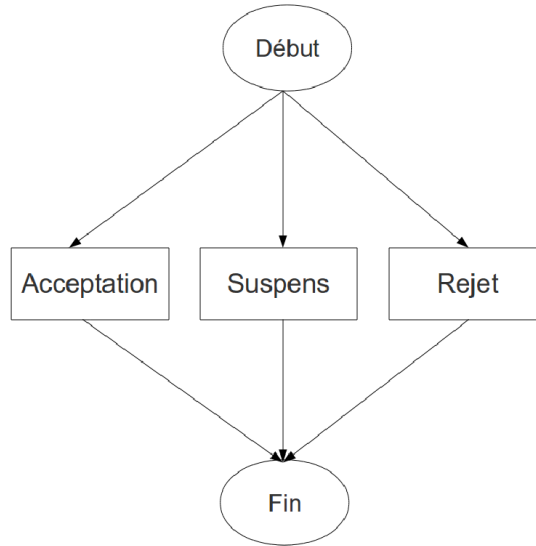


FIGURE 6.2 – Base de règles libre

constituant une base de règles de ce type n'ayant pas de format prédéfini. Elles doivent être construites par un analyste par interaction avec le décideur afin d'utiliser les termes et principes d'affectation qu'il souhaite utiliser.

Cette base de règles peut s'exprimer sous forme logique (cf. table 6.2), en utilisant les conditions  $Pred_1$  et  $Pred_2$  définis en section 6.1.1, ainsi que les paramètres  $\alpha_k^{ji}$  traduisant des seuils de majorité ou de compensation. Dans notre exemple, les paramètres  $\alpha_1^{11}, \alpha_1^{12}, \alpha_1^{13}, \alpha_1^{21}, \alpha_1^{23}, \alpha_2^{11}, \alpha_3^{11}, \alpha_3^{12}, \alpha_3^{21}$  et  $\alpha_3^{22}$  sont les seuils de majorité. Ils correspondent aux différentes occurrences du terme linguistique "majorité" dans les conditions élémentaires des règles. Ainsi, nous imposons que leurs valeurs soient au moins égales à  $\frac{Q}{2}$  et au plus égales à  $Q$ , le nombre total de critères. En outre,  $\alpha_1^{22}$  et  $\alpha_2^{21}$  sont les seuils de compensation. Nous imposons que ces nombres soient positifs et inférieurs ou égaux à  $Q$ . Cette base de règle peut aussi s'exprimer sous forme algébrique (cf. table 6.3). Nous notons ici  $NS_1, NS_2$  et  $NS_3$ , respectivement, le nombre de forces majeures, modérées et mineures qu'un projet présente et de manière similaire par  $NW_1, NW_2$  et  $NW_3$ , respectivement, le nombre de ses faiblesses majeures, modérées et mineures.

## 6.1. MOTIVATIONS

Catégorie	Règles
Acceptation	$R_1^1$ : Une majorité de forces parmi lesquelles une majorité de forces sont majeures ou modérées et un nombre limité de faiblesses parmi lesquelles aucune faiblesse n'est majeure
Acceptation	$R_1^2$ : Une majorité de forces parmi lesquelles les forces majeures et modérées compensent les forces mineures et un nombre limité de faiblesses parmi lesquelles aucune faiblesse n'est majeure
En suspens	$R_2^1$ : Une majorité d'évaluation neutres
En suspens	$R_2^2$ : Les forces compensent les faiblesses
Rejet	$R_3^1$ : Une majorité de faiblesses parmi lesquelles une majorité de faiblesses sont majeures ou modérées
Rejet	$R_3^2$ : Une majorité de faiblesses parmi lesquelles une majorité de faiblesses sont majeures et modérées et un nombre limité de forces

TABLE 6.1 – Base de règles libre

Catégorie	Règles
Acceptation	$R_1^1$ : $Pred_1[\text{Au moins}, \alpha_1^{11}, H, \{Forces\}] \wedge$ $Pred_1[\text{Au moins}, \alpha_1^{12}, HS_1 \cup HS_2, \{Forces\}] \wedge$ $Pred_1[\text{Au plus}, \alpha_1^{13}, H, \{Faiblesses\}] \wedge$ $Pred_1[\text{Exactement}, 0, HW_1, \{Faiblesses\}]$
Acceptation	$R_1^2$ : $Pred_1[\text{Au moins}, \alpha_1^{21}, H, \{Forces\}] \wedge$ $Pred_2[\text{Au moins}, \alpha_1^{22}, HS_1 \cup HS_2, HS_3, \{Forces\}, \{Forces\}] \wedge$ $Pred_1[\text{Au plus}, \alpha_1^{23}, H, \{Faiblesses\}]$ $Pred_1[\text{Exactement}, 0, HW_1, \{Faiblesses\}]$
En suspens	$R_2^1$ : $Pred_1[\text{Au moins}, \alpha_2^{11}, H, \{Neutres\}]$
En suspens	$R_2^2$ : $Pred_2[\text{Au plus}, \alpha_2^{21}, H, H, \{Forces\}, \{Faiblesses\}] \wedge$ $Pred_2[\text{Au plus}, \alpha_2^{22}, H, H, \{Faiblesses\}, \{Forces\}]$
Rejet	$R_3^1$ : $Pred_1[\text{Au moins}, \alpha_3^{11}, H, \{Faiblesses\}] \wedge$ $Pred_1[\text{Au moins}, \alpha_3^{12}, HW_1 \cup HW_2, \{Faiblesses\}]$
Rejet	$R_3^2$ : $Pred_1[\text{Au moins}, \alpha_3^{21}, H, \{Faiblesses\}] \wedge$ $Pred_1[\text{Au moins}, \alpha_3^{22}, HW_1 \cup HW_2, \{Faiblesses\}] \wedge$ $Pred_1[\text{Au plus}, \alpha_3^{23}, H, \{Forces\}]$

TABLE 6.2 – Forme logique d'une base de règles libre

CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)

Catégorie	Règles
Acceptation	$R_1^1 : NS_1 + NS_2 + NS_3 \geq \alpha_1^{11} \wedge NS_1 + NS_2 \geq \alpha_1^{12}(NS_1 + NS_2 + NS_3) \wedge NW_1 + NW_2 + NW_3 \leq \alpha_1^{13} \wedge NW_1 = 0$
Acceptation	$R_1^2 : NS_1 + NS_2 + NS_3 \geq \alpha_1^{21} \wedge NS_1 + NS_2 - NS_3 \geq \alpha_1^{22} \wedge NW_1 + NW_2 + NW_3 \leq \alpha_1^{23} \wedge NW_1 = 0$
En suspens	$R_2^1 : Q - (NS_1 + NS_2 + NS_3 + NW_1 + NW_2 + NW_3) \geq \alpha_2^{11}$
En suspens	$R_2^2 : -\alpha_2^{22} \leq NS_1 + NS_2 + NS_3 - (NW_1 + NW_2 + NW_3) \leq \alpha_2^{21}$
Rejet	$R_3^1 : NW_1 + NW_2 + NW_3 \geq \alpha_3^{11} \wedge NW_1 + NW_2 \geq \alpha_3^{12}(NW_1 + NW_2 + NW_3)$
Rejet	$R_3^2 : NW_1 + NW_2 + NW_3 \geq \alpha_3^{21} \wedge NW_1 + NW_2 \geq \alpha_3^{22} \wedge NS_1 + NS_2 + NS_3 \leq \alpha_3^{23}$

TABLE 6.3 – Forme algébrique d'une base de règles libre

### L'acceptation comme décision par défaut

Ces règles représentent un raisonnement dans lequel s'il n'existe pas de raisons suffisantes de rejeter ou de mettre en suspens un projet, la décision par défaut est de l'accepter. Ce raisonnement peut être représenté tel qu'en Figure 6.3 et pourrait être formalisé par une base de règles telle que celle représentée en table 6.4.

Catégorie	Règles
Rejet	$r_3^1$ : Une majorité de faiblesses parmi lesquelles une majorité de faiblesses sont majeures
Rejet	$r_3^2$ : Une majorité de faiblesses parmi lesquelles les faiblesses majeures absorbent les faiblesses mineures et modérées
Rejet	$r_3^4$ : Une majorité de faiblesses parmi lesquelles une majorité de faiblesses sont mineures
Rejet	$r_3^4$ : Une majorité de faiblesses parmi lesquelles les faiblesses mineures sont compensées par les faiblesses majeures et modérées
En suspens	$r_2^1$ : Une majorité de notes neutres et compensation des forces par les faiblesses
Acceptation	$r_1^1$ : Aucune autre règles n'est vérifiée

TABLE 6.4 – L'acceptation comme décision par défaut

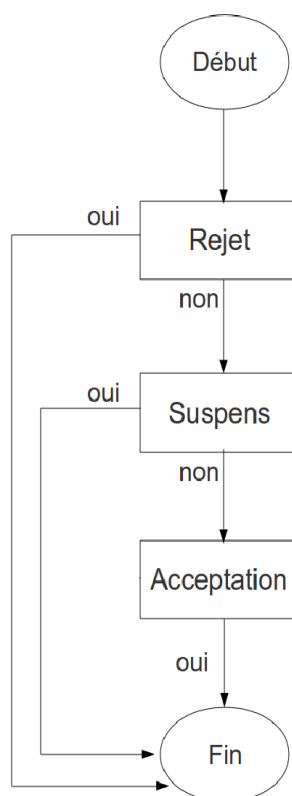


FIGURE 6.3 – L'acceptation comme catégorie par défaut

### Le rejet comme décision par défaut

Ces règles représentent un raisonnement dans lequel s'il n'y a pas de raisons suffisantes d'accepter ou de mettre en suspens un projet, il doit être rejeté. Ce raisonnement, représenté en Figure 6.4, pourrait être formalisé par une base de règles telle que celle présentée en table 6.5

### 6.1.3 Instanciation du modèle

Une fois définie la structure de la base de règles, instancier le modèle consiste à fixer les valeurs des seuils  $\alpha_k^{ji}$  de sorte à vérifier les propriétés de

CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)

---

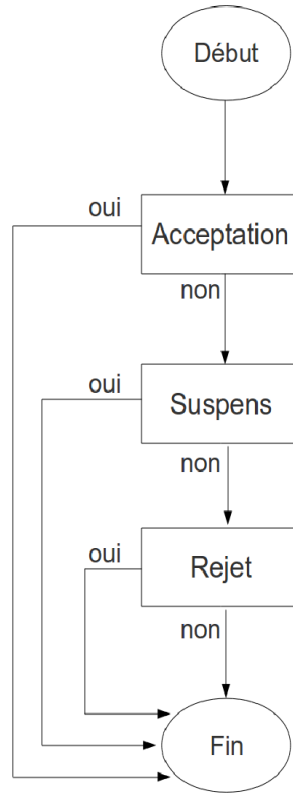


FIGURE 6.4 – Le rejet comme décision par défaut

cohérence formelle (complétude, exclusivité et monotonie) définies en 6.1.1, tout en intégrant les préférences exprimées. Nous construisons dans ce qui suit un programme linéaire dont les solutions réalisables correspondent à des jeux de valeurs pour les seuils  $\alpha_k^{ji}$  qui respectent ces exigences.

Soit  $P = \{p_1, \dots, p_{|P|}\}$  un ensemble contenant tous les profils possibles. Tout profil  $p_r \in P$  sera décrit en utilisant les paramètres suivants :

- $ns_1^r$  : le nombre de forces majeures dans la description du profil  $p_r$
- $ns_2^r$  : le nombre de forces modérées dans la description du profil  $p_r$
- $ns_3^r$  : le nombre de forces mineures dans la description du profil  $p_r$

avec  $ns_j^r \in \{0, \dots, |HS_j|\}$   $j = 1, 2, 3$

- $nw_1^r$  : le nombre de faiblesses majeures dans la description du profil  $p_r$
- $nw_2^r$  : le nombre de faiblesses modérées dans la description du profil  $p_r$
- $nw_3^r$  : le nombre de faiblesses mineures dans la description du profil  $p_r$

où  $nw_v^r \in \{0, \dots, |HW_j|\}$   $v = 1, 2, 3$



## 6.1. MOTIVATIONS

Catégorie	Règles
Acceptation	$R_1^1$ : Une majorité de forces parmi lesquelles Une majorité de forces sont majeures ou modérées et un nombre limité de faiblesses parmi lesquelles aucune faiblesse n'est majeure
Acceptation	$R_1^2$ : Une majorité de forces parmi lesquelles les forces majeures et modérées compensent les forces mineures et un nombre limité de faiblesse parmi lesquelles aucune faiblesse n'est majeure
En suspens	$R_2^1$ : Une majorité d'évaluations neutres
En suspens	$R_2^2$ : Une majorité de forces parmi lesquelles une majorité de forces mineures
Rejet	$R_3^1$ : Aucune des règles précédentes n'est vérifiée

TABLE 6.5 – Le rejet comme décision par défaut

Pour un ensemble donné  $A$  d'alternatives devant être catégorisées, seul un sous-ensemble des profils dans  $P$  correspondent à  $A$ . De tels profils réalisables seront notés  $p_1, \dots, p_n$ . Par conséquent, les profils  $p_r : r \in \{n+1, \dots, |P|\}$  ne correspondent pas à des alternatives réelles. Ils représentent le complément de l'ensemble  $A$  relativement à  $P$ . En utilisant les paramètres précédents, une condition élémentaire  $r_k^{ji}$  peut être représentée par une (in)égalité linéaire de la forme

$$f_k^{ji}(\cdot) \left\{ \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \right\} \alpha_k^{ji}.$$

Par exemple, une condition élémentaire  $r_k^{ji}$  sur le profil  $p_r$ , de forme générale  $Pred_1[\nabla, \alpha_k^{ji}, \bigcup_{v \subseteq \{1,2,3\}} HS_v, \{Force\}]$ , représentant un principe de majorité sur un certain type  $v \subseteq \{1, 2, 3\}$  de forces, est modélisée par l'inégalité suivante :

$$\sum_{v \subseteq \{1,2,3\}} ns_v^r \left\{ \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \right\} \alpha_k^{ji} \quad (a)$$

Dans ce cas,  $f_k^{ji}(p_r)$  correspond à l'expression  $\sum_{v \subseteq \{1,2,3\}} ns_v^r$

De manière similaire, une condition élémentaire  $r_k^{ji}$  sur le profil  $p_r$ , de

CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)

---

forme générale

$Pred_1[\nabla, \alpha_k^{ji}, \bigcup_{v \subseteq \{1,2,3\}} HW_v, \{Faiblesse\}]$ , représentant un principe de majorité sur un certain type  $v \subseteq \{1, 2, 3\}$  de faiblesses, est modélisée par l'inégalité suivante :

$$\sum_{v \subseteq \{1,2,3\}} nw_v^r \left\{ \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \right\} \alpha_k^{ji} \quad (a')$$

Dans ce cas,  $f_k^{ji}(p_r)$  correspond à l'expression  $\sum_{v \subseteq \{1,2,3\}} nw_v^r$

Une condition élémentaire inter-attributs  $r_k^{ji}$ , sur le profil  $p_r$ , de forme générale

$Pred_2[\nabla, \alpha_k^{ji}, \bigcup_{v \subseteq \{1,2,3\}} HS_v, \bigcup_{u \subseteq \{1,2,3\}} HW_u, \{Force\}, \{Faiblesse\}]$ , représentant un principe de compensation entre un certain type  $v \subseteq \{1, 2, 3\}$  de forces et un certain type  $u \subseteq \{1, 2, 3\}$  de faiblesses, est modélisée par l'inégalité suivante :

$$\sum_{v \subseteq \{1,2,3\}} ns_v^r - \sum_{u \subseteq \{1,2,3\}} nw_u^r \left\{ \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \right\} \alpha_k^{ji} \quad (b)$$

Dans ce cas,  $f_k^{ji}(p_r)$  correspond à l'expression  $\sum_{v \subseteq \{1,2,3\}} ns_v^r - \sum_{u \subseteq \{1,2,3\}} nw_u^r$

Le but du programme linéaire est de déterminer un ensemble de valeurs pour les paramètres préférentiels de la base de règles (i.e. les valeurs des seuils de majorité ou de compensation de chaque condition élémentaire) qui lui feraient vérifier certaines contraintes fournies par l'utilisateur et la rendraient formellement cohérente (i.e. lui feraient vérifier les propriétés de complétude, exclusivité et monotonie [AV02]).

#### 6.1.4 Variables de décision

Nous définissons l'ensemble suivant de variables de décision.

$\alpha_k^{ji}$  : Valeur du seuil de majorité ou de compensation associé à la condition élémentaire  $r_k^{ji}$   $k = 1, \dots, l; j = 1, \dots, n_{R_k}$  et  $i = 1, \dots, n_{R_k^j}$ .

## 6.1. MOTIVATIONS

---

Le domaine de chacune de ces variables de décision est déterminé par le type de paramètre préférentiel (majorité ou compensation) auquel elle correspond. Ces variables peuvent être définies comme continues.

Nous définissons également les trois ensembles de variables binaires suivants. Ces variables sont indicatrices de la satisfaction par un profil  $p_r$ , d'une condition élémentaire  $r_k^{ji}$ , d'une règle d'affectation  $R_k^j$  ou d'une règle globale  $R_k$ .

$$y_{rk}^{ji} = \begin{cases} 1 & \text{si la condition élémentaire } r_k^{ji} \text{ est satisfaite par le profil } p_r \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_{rk}^j = \begin{cases} 1 & \text{si la règle d'affectation } R_k^j \text{ est satisfaite par le profil } p_r \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$y_{rk} = \begin{cases} 1 & \text{si la règle globale } R_k \text{ est satisfaite par le profil } p_r \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

### 6.1.5 Contraintes

Le modèle comporte trois grands types de contraintes :

- les contraintes modélisant la structure de la base de règles.
- les contraintes assurant la cohérence de la base de règles.
- les contraintes modélisant des préférences à un niveau portefeuille.

#### Contraintes de structure

Nous avons vu en section 6.1.3 que les conditions élémentaires donnent naissance à des inégalités de type (a), (a') ou (b). Ceci conduit à la définition

de bornes sur les variables de décision  $\alpha_k^{ji}$  de la forme  $\alpha_k^{ji} \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} f_k^{ji}(p_r)$  pour

tout profil  $p_r$ .

L'ensemble suivant de contraintes définit les variables  $y_{rk}^{ji}$ ,  $y_{rk}^j$  et  $y_{rk}$ , respectivement :

- Si la condition élémentaire  $r_k^{ji}$  correspondant à la variable  $y_{rk}^{ji}$  est de la forme  $f_k^{ji}(p_r) - \alpha_k^{ji} \geq 0$ , nous introduisons les contraintes suivantes :

$$\alpha_k^{ji} - f_k^{ji}(p_r) \leq M \cdot (1 - y_{rk}^{ji}) \quad k = 1, \dots, l; j = 1, \dots, n_{R_k}; i = 1, \dots, n_{R_k^j}$$

où  $M$  est un majorant universel des quantités  $\alpha_k^{ji} - f_k^{ji}(p_r)$ .

On pourra par exemple prendre  $M = Q$ , le nombre total de critères.

CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)

---

$$\alpha_k^{ji} - f_k^{ji}(p_r) \geq \epsilon \cdot (1 - y_{rk}^{ji}) + \mu \cdot (y_{rk}^{ji}) \quad k = 1, \dots, l; j = 1, \dots, n_{R_k}; i = 1, \dots, n_{R_k^j}$$

où  $\mu$  est un minorant universel des quantités  $\alpha_k^{ji} - f_k^{ji}(p_r)$ .

On pourra par exemple prendre  $\mu = -Q$ .

$\epsilon$  est un nombre positif infinitésimal utilisé pour représenter les inégalités strictes.

- Si la condition élémentaire  $r_k^{ji}$  correspondant à la variable  $y_{rk}^{ji}$  est de la forme  $f_k^{ji}(p_r) - \alpha_k^{ji} \leq 0$ , nous introduisons les contraintes suivantes :

$$f_k^{ji}(p_r) - \alpha_k^{ji} \leq M \cdot (1 - y_{rk}^{ji}) \quad k = 1, \dots, l; j = 1, \dots, n_{R_k}; i = 1, \dots, n_{R_k^j}$$

où  $M$  est un majorant universel des quantités  $f_k^{ji}(p_r) - \alpha_k^{ji}$ .

On pourra par exemple prendre  $M = Q$ , le nombre total de critères.

$$f_k^{ji}(p_r) - \alpha_k^{ji} \geq -\mu \cdot (1 - y_{rk}^{ji}) + \epsilon \cdot (y_{rk}^{ji}) \quad k = 1, \dots, l; j = 1, \dots, n_{R_k}; i = 1, \dots, n_{R_k^j}$$

où  $\mu$  est un minorant universel des quantités  $f_k^{ji}(p_r) - \alpha_k^{ji}$ .

On pourra par exemple prendre  $\mu = -Q$ .

$\epsilon$  est un nombre positif infinitésimal utilisé pour représenter les inégalités strictes.

Les contraintes suivantes représentent le fait que les règles d'affectation sont des conjonctions de conditions élémentaires.

$$y_{rk}^{ji} \geq y_{rk}^j \quad k = 1, \dots, l; j = 1, \dots, n_{R_k}; i = 1, \dots, n_{R_k^j}$$

Enfin, les contraintes suivantes représentent le fait que les règles globales sont des disjonctions de règles d'affectation.

$$\sum_{j=1}^{n_{R_k}} y_{rk}^j \geq y_{rk} \quad k = 1, \dots, l$$

### Contraintes de cohérence

#### Complétude

Dans le présent contexte, cette exigence impose que chaque profil correspondant à une alternative réelle  $a_s \in A$  soit couvert par au moins une règle

## 6.1. MOTIVATIONS

---

globale  $R_k \in R$ . Elle peut être imposée à travers les contraintes suivantes :

$$\sum_{k=1}^l y_{sk} \geq 1 \quad s = 1, \dots, n$$

### Exclusivité

Cette exigence doit être imposée sur tout profil possible  $p_r \in P$ , à travers les contraintes suivantes :

$$\sum_{k=1}^l y_{rk} \leq 1 \quad r = 1, \dots, |P|$$

### Monotonie

Cette exigence doit être imposée sur la totalité de l'ensemble de profils possibles  $P$ . Étant donné un profil  $p \in P$ , considérons qu'un indice  $j = 1, 2, 3$  représente les différents types de forces et de faiblesses (majeures, modérées, mineures, dans cet ordre). Nous noterons :

$NS_j(d)$  : Le nombre de forces de type  $j$  que présente le profil  $p$ .

$NW_j(d)$  : Le nombre de faiblesses de type  $j$  que présente le profil  $p$ .

Nous définissons la relation binaire  $\underline{\Delta}$  sur l'ensemble  $P$  de profils, conformément à la relation de SWOT-dominance introduite en section 4.1.

### Définition

$\forall p_r, p_{r'} \in P$  un profil  $p_r$  domine un profil  $p_{r'}$ , en termes de forces et de faiblesses que nous dénotons  $p_r \underline{\Delta} p_{r'}$ , si et seulement si

$$\sum_{k=1}^j NS_k(p_r) \geq \sum_{k=1}^j NS_k(p_{r'}) \text{ et } \sum_{k=1}^j NW_k(p_r) \leq \sum_{k=1}^j NW_k(p_{r'}) \quad j \in \{1, 2, 3\}$$

Par conséquent, nous imposons les contraintes suivantes :

$$\sum_{j=k}^l y_{rj} \geq y_{r'k} \quad k \in \{1, \dots, l\}, \forall r, r' \in \{1, \dots, |P|\} \text{ tels que } p_r \underline{\Delta} p_{r'}$$

### Contraintes modélisant des préférences à un niveau portefeuille

Comme établi précédemment, dans des situations de sélection de portefeuilles de projets, les utilisateurs expriment souvent des préférences concernant les alternatives devant être sélectionnées. Autrement dit, celles appar-

CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
CONTRANT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)

---

tenant à  $C_1$ . Par conséquent, le problème peut être vu comme un problème de tri contraint tel que défini dans [MDF03].

**Affectations de référence fournies par l'utilisateur**

Une affectation de référence sous la forme  $a_s \rightarrow C_k$ , où  $a_s \in A$  et  $k \in \{1, \dots, l\}$ , se traduit par les contraintes suivantes :

$$y_{sk} = 1$$

**Contraintes représentant des préférences quantitatives**

Ces contraintes représentent par exemple une limite budgétaire pour un portefeuille de projets à financement public, un taux de sélectivité (pourcentage de soumissions acceptées) pour une conférence, ou un nombre total de places disponibles pour la sélection d'étudiants à un programme de formation.

Soient  $\psi_{min}$  et  $\psi_{max}$  des paramètres, représentant respectivement les nombres minimal et maximal d'alternatives que nous voulons voir sélectionnées par le système. Si ces préférences sont exprimées sous forme de pourcentages, elles peuvent être aisément converties en multipliant par le nombre total d'alternatives.  $C_1$  étant la catégorie la plus préférable, i.e. la catégorie qui constituera le portefeuille d'alternatives sélectionnées, ces préférences quantitatives peuvent s'exprimer par les deux contraintes suivantes :

$$\psi_{min} \leq \sum_{s=1}^n y_{s1} \leq \psi_{max}$$

Une forme plus générale de préférences de ce type s'exprime à travers des contraintes de type budgétaires sur le portefeuilles. Soit  $b_s$ ,  $s = 1, \dots, n$  un attribut numérique de l'alternative  $a_s$ , qui soit additif dans le portefeuille (i.e. eu égard à cet attribut, le portefeuille et chacune de ses parties possède une valeur qui est la somme des valeurs des objets le constituant). Typiquement, cet attribut représente le coût de chaque projet. Nous considérons  $B_{min}$  et  $B_{max}$  les valeurs minimale et maximale de cet attribut pour le portefeuille. Il s'agit typiquement d'un budget maximum et minimum. Les deux contraintes suivantes représentent ce type de préférences :

$$B_{min} \leq \sum_{s=1}^n y_{s1} \cdot b_s \leq B_{max}$$

**Contraintes représentant des préférences qualitatives**

Ces contraintes portent sur des attributs nominaux des alternatives (i.e. sans

## 6.1. MOTIVATIONS

---

ordre de préférence) qui ne sont liés à aucun des critères utilisés pour les évaluer. Elles représentent, par exemple, des préférences concernant la localisation géographique de projets à financement public, sur les thématiques abordées par des travaux soumis à une conférence ou le sexe d'étudiants postulant à un programme de formation.

Soit  $A^t \subset A$  l'ensemble des alternatives possédant un attribut donné  $att$ . Cet ensemble peut être constitué de l'union, l'intersection ou toute combinaison d'autres ensembles, s'il résulte de la conjonction ou de la disjonction d'autres attributs par exemple. Nous considérons  $\mu_{min}$  et  $\mu_{max}$ , des paramètres représentant respectivement les nombres minimum et maximum d'alternatives possédant l'attribut  $att$  que nous voulons voir sélectionnées par le système.

Ces préférences quantitatives peuvent s'exprimer par les deux contraintes suivantes :

$$\mu_{min} \leq \sum_{s:a_s \in A^t} y_{s1} \leq \mu_{max}$$

### 6.1.6 Fonction-objectif

L'objectif est de faire en sorte que la base de règles résultante tende à couvrir le plus grand nombre de profils possibles  $p_r \in P$ . Par conséquent, nous maximisons le nombre total de profils couverts par les règles.

$$Max \quad Z = \sum_{r=1}^{|P|} \sum_{k=1}^l y_{rk}$$

Les préférences exprimées par l'utilisateur peuvent ne pas conduire de manière univoque à une paramétrisation unique de la base de règles, ni à un unique portefeuille. Le système est conçu pour être utilisé dans une optique interactive [Van89], en permettant l'intégration progressive de contraintes-utilisateurs qui seraient générées lors de l'exploration de l'espace des solutions.

Le cas extrême opposé, c'est-à-dire l'inexistence d'une solution réalisable pour le programme linéaire est également possible et peut être intéressant à investiguer. Il peut en effet être symptomatique de l'élicitation d'une information préférentielle insuffisante, lors de la construction de la base de règles,

*CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
CONTRAIT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)*

---

conduisant à l'impossibilité de satisfaire l'exigence de complétude de la base de règles. Nous proposons d'identifier l'information préférentielle manquante par la procédure suivante :

1. Omettre les contraintes de complétude de la base de règles sur l'ensemble  $A$  d'alternatives réelles. Ces contraintes sont les seules qui peuvent être relâchées, tout en conservant la cohérence du système de règles comme modèle de tri (pour le sous-ensemble d'alternatives qu'il couvre), ainsi que les contraintes fournies par l'utilisateur.
2. Transformer la fonction-objectif  $Z$  en  $Z' = \sum_{r=1}^n \sum_{k=1}^l y_{rk}$  qui vise à faire couvrir le maximum d'alternatives réelles à la base de règles.
3. Une solution optimale à ce programme linéaire révisé permet l'identification d'un ensemble d'alternatives pour lesquelles il est nécessaire d'élucider plus d'information préférentielle. Il est demandé au décideur de fournir une telle information qui aiderait à classifier ces alternatives.
4. Le processus de sélection peut alors être réitéré autant de fois que nécessaire pour construire un système de tri satisfaisant.

## **6.2 Application : Évaluation et sélection de projets UNDEF**

### **6.2.1 Données du problème**

Les projets utilisés dans cette application sont des projets effectivement financés par le fond des nations unies pour la démocratie (UNDEF).

La liste de ces projets est publiquement disponible à l'URL suivante <http://www.undemocracyfund.org/opps/proposal.php>. Les évaluations et les recommandations résultantes que nous allons présenter sont fictives et données à titre d'illustration.

Après un appel à projets annuel, l'UNDEF reçoit 36 propositions de projets décrits comme « des projets à travers le monde, émanant de la société civile, qui renforcent la voix de la société civile, promeuvent les droits de l'homme et encouragent la participation de différents groupes aux processus démocratique ». L'orientation stratégique de l'appel à projets définit un ensemble préliminaire de critères d'évaluation :

- Le projet promeut les objectifs de l'UNDEF.
- Le projet aura un impact significatif.



## 6.2. APPLICATION : ÉVALUATION ET SÉLECTION DE PROJETS UNDEF

---

- Le projet encouragera l'inclusion de groupes sociaux exclus.
- Le projet améliorera l'égalité de sexes.
- La perspective d'une implémentation réussie du projet est forte.
- L'organisation porteuse du projet possède un bon historique.
- Le projet est solide techniquement.
- Le projet présente une bonne *valeur pour la monnaie*.
- Le projet possède une bonne perspective de durabilité au-delà de son achèvement.

Les propositions de projets se situent dans différentes thématiques :

- 14 projets sous le thème de "L'accès des citoyens à l'information" [C].
- 11 projets sous le thème du "Renforcement de la société civile y compris celui des femmes" [E].
- 11 projets sous le thème du "Dialogue et support démocratiques pour les processus constitutionnels" [M].

En outre, l'organisation de financement se montre soucieuse d'assurer un traitement équitable des soumissions. Il est attendu que les décisions d'accepter ou de rejeter le financement d'un projet soient basées uniquement sur sa valeur intrinsèque et non sur la manière dont il se compare à d'autres projets soumis la même année. Durant la procédure d'élicitation, l'organisation de financement exprime les préférences suivantes, concernant le processus de sélection :

- Le coût du portefeuille de projets sélectionnés ne doit pas excéder le budget disponible qui est de \$3.600.000 .
- Le tiers au moins et la moitié au plus des soumissions doivent être acceptées.
- Parmi les projets sélectionnés, il est attendu un bon équilibre (pas plus de 5% de différence) dans la répartition des projets de différents thèmes [C], [E] et [M].

La table 6.6 présente les descriptions des 36 soumissions.

Un examen préliminaire par une équipe d'évaluateurs indépendants est réalisé. La qualité intrinsèque de chaque soumission est jugée et notée sur six critères reflétant l'orientation stratégique de l'appel à projet. Un recensement des forces et faiblesses de l'ensemble des 36 projets soumis est obtenu. Ces résultats sont présentés dans la table 6.7

*CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)*

---

Indice	Acronyme	Thème	Coût (k\$)	Indice	Acronyme	Thème	Coût (k\$)
$a_1$	ERW	[E]	125	$a_{19}$	WDM	[E]	325
$a_2$	VOY	[M]	175	$a_{20}$	MBLHR	[C]	350
$a_3$	DPLL	[E]	225	$a_{21}$	INSPIRE	[C]	350
$a_4$	JRE	[M]	200	$a_{22}$	FFIALL	[E]	250
$a_5$	YPIBG	[M]	200	$a_{23}$	DGD	[E]	325
$a_6$	IMC	[E]	225	$a_{24}$	DHRMSL	[C]	348
$a_7$	OBDGRB	[M]	250	$a_{25}$	DDP	[M]	220
$a_8$	SACCSG	[M]	225	$a_{26}$	TNJBT	[C]	80
$a_9$	WCCE	[E]	220	$a_{27}$	DTN	[E]	380
$a_{10}$	ELPSBI	[C]	300	$a_{28}$	ADA	[M]	220
$a_{11}$	SCS	[C]	350	$a_{29}$	CWP	[E]	220
$a_{12}$	MTAA	[C]	300	$a_{30}$	SCPDG	[M]	300
$a_{13}$	AVWPDMZ	[E]	200	$a_{31}$	PAPI	[C]	200
$a_{14}$	CLPPF	[C]	300	$a_{32}$	MDDP	[C]	349
$a_{15}$	BDIGEB	[M]	225	$a_{33}$	HYFD	[E]	300
$a_{16}$	GGF	[C]	200	$a_{34}$	CFE	[C]	230
$a_{17}$	WHO	[C]	500	$a_{35}$	FPDMD	[M]	349
$a_{18}$	SPDPDP	[C]	300	$a_{36}$	CCED	[M]	293

TABLE 6.6 – Attributs des 36 projets

Le décideur cite  $a_{26}$  et  $a_{35}$  comme des exemples de projets qu'il voudrait voir sélectionnés et  $a_3$  comme un exemple de projet qui devrait être rejeté.

### 6.2.2 Base de règles

Une base de règles libre sera utilisée pour l'aide à la décision (la forme générale d'une telle base de règles est décrite en section 6.1.2). Nous reproduisons ici la forme instanciée de cette base de règles, après qu'une optimisation incluant la totalité des contraintes fournies ait été conduite (cf. table 6.8).

### 6.2.3 Résultats

Appliqué à l'ensemble de soumissions reçues, la base de règles précédente produit l'affectation présentée en table 6.9.

6.2. APPLICATION : ÉVALUATION ET SÉLECTION DE PROJETS  
UNDEF

Projet	Nombre de forces	Majeures	Modérées	Mineures	Nombre de faiblesses	Majeures	Modérées	Mineures
$a_1$	1	0	0	1	2	0	0	2
$a_2$	0	0	0	0	1	0	0	1
$a_3$	0	0	0	0	3	1	1	1
$a_4$	1	1	0	0	0	0	0	0
$a_5$	1	1	0	0	1	0	0	1
$a_6$	1	1	0	0	1	0	1	0
$a_7$	2	1	1	0	4	2	1	1
$a_8$	2	1	1	0	1	0	0	1
$a_9$	2	1	1	0	1	0	1	0
$a_{10}$	2	1	1	0	2	0	1	1
$a_{11}$	2	2	0	0	4	1	1	2
$a_{12}$	2	2	0	0	1	0	0	1
$a_{13}$	2	2	0	0	1	0	1	0
$a_{14}$	3	2	1	0	2	0	1	1
$a_{15}$	2	2	0	0	1	0	0	1
$a_{16}$	2	2	0	0	1	0	1	0
$a_{17}$	2	0	2	0	2	0	1	1
$a_{18}$	2	1	1	0	1	0	1	0
$a_{19}$	2	0	2	0	0	0	0	0
$a_{20}$	2	0	2	0	1	0	0	1
$a_{21}$	2	0	2	0	1	0	1	0
$a_{22}$	4	1	3	0	0	0	0	0
$a_{23}$	3	0	3	0	1	0	0	1
$a_{24}$	3	0	3	0	1	0	1	0
$a_{25}$	4	4	0	0	0	0	0	0
$a_{26}$	5	4	1	0	1	0	0	1
$a_{27}$	2	1	0	1	1	0	1	0
$a_{28}$	4	4	0	0	0	0	0	0
$a_{29}$	4	4	0	0	1	0	0	1
$a_{30}$	5	4	1	0	1	0	1	0
$a_{31}$	3	3	0	0	2	0	1	1
$a_{32}$	6	5	1	0	0	0	0	0
$a_{33}$	5	5	0	0	0	0	0	0
$a_{34}$	5	5	0	0	1	0	0	1
$a_{35}$	5	5	0	0	1	0	1	0
$a_{36}$	6	6	0	0	0	0	0	0

TABLE 6.7 – Forces et Faiblesses des 36 projets

*CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)*

---

Catégorie	Règles
Acceptation	$R_1^1$ : Au moins 4 forces parmi lesquelles au moins 2 forces sont majeures ou modérées et au moins 1 faiblesse parmi laquelle aucune faiblesse majeure n'existe
Acceptation	$R_1^2$ : Au moins 3 forces parmi lesquelles le nombre de forces majeures et modérées est au moins égal au nombre de forces mineures et aucune faiblesse n'existe
En suspens	$R_2^1$ : Au moins 4 évaluations neutres
En suspens	$R_2^2$ : La différence entre les nombres de forces et de faiblesses est de 0 ou 1
Rejet	$R_3^1$ : Au moins 4 faiblesses parmi lesquelles au moins 2 faiblesses sont majeures ou modérées
Rejet	$R_3^2$ : Au moins 3 faiblesses parmi lesquelles au moins 2 faiblesses sont majeures ou modérées et au plus 1 force

TABLE 6.8 – Base de règles libre utilisée pour l'application

Ainsi, le processus de sélection et le portefeuille de projets sélectionnés présentent les caractéristiques présentées en table 6.10.

### 6.2.4 Conclusion

La solution trouvée ici illustre l'un des grands avantages de l'utilisation d'un système d'affectation à base de règles logiques par opposition aux méthodes fonctionnelles ou relationnelles. Cet avantage réside dans la transparence des recommandations. Cet aspect est important dans des contextes où les décisions doivent être argumentées. Ainsi, il est possible d'identifier les règles ayant conduit à chaque décision et de construire une argumentation sur cette base. Illustrons cet aspect, en utilisant l'alternative  $a_7$ , qui présente deux forces et quatre faiblesses (parmi lesquelles deux sont majeures, une est modérée, et une est mineure). Les faiblesses identifiées peuvent être signalées aux porteurs du projet comme étant les aspects ayant handicapé leur soumission, puis la norme utilisée pour éliminer le projet peut être présentée. Dans le cas du projet  $a_7$ , ce projet vérifie la condition éliminatoire, qu'est la règle  $R_3^1$ .

Cette application illustre également la différence fondamentale entre l'ap-

6.2. APPLICATION : ÉVALUATION ET SÉLECTION DE PROJETS  
UNDEF

---

<i>Index</i>	$R_1^1$	$R_1^2$	$R_2^1$	$R_2^2$	$R_3^1$	$R_3^2$
$a_1$				✓		
$a_2$			✓	✓		
$a_3$						✓
$a_4$			✓	✓		
$a_5$			✓	✓		
$a_6$			✓	✓		
$a_7$					✓	
$a_8$				✓		
$a_9$				✓		
$a_{10}$				✓		
$a_{11}$					✓	
$a_{12}$				✓		
$a_{13}$				✓		
$a_{14}$				✓		
$a_{15}$				✓		
$a_{16}$				✓		
$a_{17}$				✓		
$a_{18}$				✓		
$a_{19}$			✓			
$a_{20}$				✓		
$a_{21}$				✓		
$a_{22}$	✓	✓				
$a_{23}$		✓				
$a_{24}$	✓					
$a_{25}$	✓	✓				
$a_{26}$	✓					
$a_{27}$				✓		
$a_{28}$	✓	✓				
$a_{29}$	✓					
$a_{30}$	✓					
$a_{31}$				✓		
$a_{32}$	✓	✓				
$a_{33}$	✓	✓				
$a_{34}$	✓					
$a_{35}$	✓					
$a_{36}$	✓	✓				

TABLE 6.9 – Affectation résultant de l'application de la méthode

CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
 CONTRAINT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
 DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)

---

Portefeuille	$a_{22}, a_{23}, a_{24}, a_{25}, a_{26}, a_{28},$ $a_{29}, a_{30}, a_{32}, a_{33}, a_{34}, a_{35}, a_{36}$
Taux d'acceptation	$\frac{13}{36} = 36, 11\%$
Nombre de projets [E] dans le portefeuille	$\frac{4}{13}$
Nombre de projets [C] dans le portefeuille	$\frac{4}{13}$
Nombre de projets [M] dans le portefeuille	$\frac{5}{13}$
Coût total	\$3.484.000
Affectation de référence reproduites avec succès	$\frac{3}{3}$

TABLE 6.10 – Caractéristiques du processus de sélection et du portefeuille de projets sélectionnés

proche de tri contraint sur laquelle nous avons basé notre méthodologie et d'autres approches qui pourraient être utilisés pour la sélection de portefeuilles de projets.

- Il peut être attendu d'une approche de choix sous contraintes, qu'elle recommande l'utilisation des 116K\$ restant, afin d'intégrer un autre projet relativement mauvais au portefeuille. De telles décisions iraient à l'encontre du principe de recherche d'une bonne *valeur pour la monnaie* dans le portefeuille. En outre, aucun argument expliquant de telles décisions par les évaluations des projets ne pourrait être utilisé dans ce cas. Le principe d'équité assure que de tel effets indésirables ne résultent pas de l'utilisation du système.
- Une procédure de tri non-contraint n'aurait pas permis l'intégration de contraintes-utilisateur telles que la définition d'un budget maximal ou d'une répartition équilibrée entre différents types de projets.

### 6.2.5 Aspects computationnels

Dans ce modèle, le plus gros de l'effort calculatoire est celui requis par la vérification simultanée des propriétés de complétude, exclusivité et monotonie.

#### Variables continues

Le programme linéaire utilise une variable  $\alpha_k^{ji}$ , par condition élémentaire. Si nous considérons 3 catégories (acceptation, en suspens, rejet), il y aura donc 3 règles globales ( $k = 3$ ). Avec 2 règles d'affectation par catégorie ( $j = 2$ ) et 4 conditions élémentaires par règles ( $i = 4$ ), nous aurons, dans le cas général, 24 variables continues.

### Variables binaires

Ces variables sont nécessaires à indiquer la vérification de chaque condition élémentaire, par chaque profil possible, et sont la partie du modèle qui en domine tout autre, en terme de complexité de résolution. Leur nombre est dépendant du nombre de critères et de leur disposition dans la grille de définition de l'importance des critères. Le nombre de critères est donc le paramètre le plus sensible du modèle. Pour un problème à 6 critères, il y a, pour la pire disposition sur la grille, 108 profils possibles. Par conséquent, il faut 2592 variables de type  $y_{rk}^{ji}$ , 648 variables de type  $y_{rk}^j$  et 324 variables de type  $y_{rk}$ , soit, au total 3564 variables binaires.

### Nombre de contraintes

Les contraintes les plus nombreuses sont celles assurant l'exclusivité (108 contraintes, dans les conditions décrites ci-dessus), et celles assurant la monotonie (176 contraintes, en prenant en compte la transitivité de la relation de dominance). Il y a donc autour de 300 contraintes.

### Résolution

Pour cette application, la résolution a été menée sur un ordinateur de bureau, tournant sous Linux, en utilisant trois solveurs différents. Le solveur LINDO n'a pas permis de converger vers une solution. Le solveur GNU Linear Programming Kit (GLPK) a permis de trouver une solution optimale en un temps de 6 heures et 42 minutes, et le solveur CPLEX version 11 a permis de trouver une solution optimale (différente, mais de même valeur) en un temps proche de 5 heures.

#### 6.2.6 Perspective d'amélioration

Il convient de remarquer que la matrice du programme linéaire possède une structure en blocs, quasi-indépendants, et qui sont liés par un faible nombre de contraintes. Ainsi les seules contraintes liant les variables binaires entre-elles sont celles ayant trait à la monotonie, les contraintes de complétude et d'exclusivité, pouvant être énoncées sur des sous-ensembles de lignes, tout en gardant leur sens. Ce modèle, quasiment en escaliers, semble se prêter à des procédures de décomposition qui en amélioreraient le temps de résolution. En outre, et pour des raisons techniques nous avons été contraint d'effectuer cette application sur la version 11 du solveur CPLEX, qui est relativement ancienne. Une résolution sur l'une des versions de la génération 12.x ou sur

*CHAPITRE 6. LA SPP COMME UN PROBLÈME DE TRI  
CONTRAIT : L'APPROCHE RADAR (RÈGLES D'AIDE À LA  
DÉCISION ET À L'ARGUMENTATION)*

---

tout autre solveur plus puissant améliorerait certainement le temps d'exécution.



# Conclusion et perspectives

Dans le contexte décisionnel du management de portefeuilles de projets, plutôt que de résumer linéairement nos contributions et d'en déduire des perspectives, nous nous proposons d'évaluer nos propositions méthodologiques en regard du cadre de travail proposé par Archer et Ghazemzadeh, dans [AG99], pour la conception de modèles d'aide à la sélection de projets. Ce cadre de travail compte 11 propositions, que nous allons reprendre telles quelles et par rapport auxquelles nous allons situer nos contributions. Si cet article et nombre de ces propositions sont implicitement destinées aux projets privés et à buts-lucratifs (ce qui est reflété par le peu d'égard accordé à l'argumentation des décisions et par utilisation d'indicateurs clés de performances comme principaux critères d'évaluation), ils restent pertinents et adaptés au cadre de cette recherche.

1. **Proposition 1 :** *Strategic decisions concerning portfolio focus and overall budget considerations should be made in a broader context that takes into account both external and internal business factors, before the project portfolio is selected.*

Dans les approches que nous proposons, cette proposition est implémentée durant la phase d'évaluation, à travers notamment la calibration des échelles. Les orientations stratégiques des appels à projets permettent d'évaluer les facteurs internes et/ou externes, quand c'est pertinent.

2. **Proposition 2 :** *A project selection framework should be flexible enough so that stakeholders can choose in advance the particular techniques or methodologies with which they are comfortable, in analyzing relevant data and making choices of the type of projects at hand.*

Nos méthodes sont modulables. Tout système d'aide à la décision les implémentant peut utiliser les modules que nous proposons ou d'autres. Ceci est valable de la construction des critères, qui peut être faite en utilisant une approche multicritère classique, ou résulter des aspects récurrents identifiés lors d'une analyse SWOT, à la procédure d'agrégation, qui peut utiliser les systèmes de règles logiques ou de surclassement que nous proposons, ou une logique d'agrégation différente.

## CONCLUSION

---

3. **Proposition 3 :** *To simplify the portfolio selection process, it should be organized into a number of stages, allowing decision makers to move logically towards an integrated consideration of projects most likely to be selected, based on sound theoretical models.*

Les méthodes que nous proposons se décomposent en une phase d'évaluation et une phase de sélection, chacune de ces phases se composant, pour l'utilisateur, de modules simples de capture de connaissances, permettant un cheminement logique vers la constitution du portefeuille de projets.

4. **Proposition 4 :** *Users should not be overloaded with unneeded data, but should be able to access relevant data when it is needed.*

Les données concernant les projets sont résumées par l'ensemble de leurs forces et faiblesses, qui à travers la définition des critères, peuvent être liées aux rapports d'expertise et aux orientations de l'appel à projets.

5. **Proposition 5 :** *Common measures should be chosen which can be calculated separately for each project under consideration. These will allow an equitable comparison of projects during the portfolio selection process.*

Cette considération est naturellement prise en compte dans toute méthode d'aide à la décision multicritère.

6. **Proposition 6 :** *Current projects that have reached major milestones or gates should be re-evaluated at the same time as new projects being considered for selection.*

Dans chacune de nos deux méthodes, la phase de sélection ne peut être conduite qu'en considérant l'ensemble de toutes les alternatives disponibles à un moment donné. Ré-évaluer un projet déjà évalué parce qu'une nouvelle alternative s'est présenté irait à l'encontre du principe d'équité.

7. **Proposition 7 :** *Screening should be used, based on carefully specified criteria, to eliminate projects from consideration before the portfolio selection process is undertaken.*

Nous avons proposé une méthode de filtrage dont nous recommandons l'utilisation avant l'entame du processus de sélection.

8. **Proposition 8 :** *Project interactions through direct dependencies or resource competition must be considered in portfolio selection.*

Les interactions entre projets peuvent être intégrées durant la phase de sélection de RADAR, à travers des contraintes-utilisateurs qualitatives ou quantitatives. Leur prise en compte dans SPADE est l'une de nos perspectives de recherche future.

- 
9. **Proposition 9 :** *Portfolio selection should take into account the time dependent nature of project resource consumption.*

Cet aspect dynamique n'est pas intégré dans nos approches. Il s'agit là de perspectives à envisager.

10. **Proposition 10 :** *Decision makers should be provided with interactive mechanisms for controlling and overriding portfolio selections generated by any algorithms or models, and they should also receive feedback on the consequences of such changes.*

Dans RADAR, le décideur peut imposer des contraintes « rigides » (telles que des affectations de référence) qui prévaudront sur les recommandations du système. Il peut également voir les conséquences des changements effectués sur la constitution du portefeuille optimal. Cependant, ces mécanismes interactifs ne peuvent, en général, pas être utilisés en temps réel, du fait de la nécessité d'assurer la cohérence formelle de la base de règles après chaque interaction. La réduction du temps de résolution du programme linéaire permettant d'effectuer cette validation est une perspective d'amélioration de RADAR. En revanche, la validité théorique de SPADE étant assurée en amont, elle permet une utilisation en temps réel, en modifiant, de proche en proche, le modèle en se basant sur le *feedback* du décideur.

11. **Proposition 11 :** *Project portfolio selection must be adaptable to group decision support environments.*

La prise en compte de cet aspect est une généralisation envisageable de nos approches.

En outre, nous avons identifié l'argumentation des décisions comme une préoccupation particulièrement importante dans le secteur public, mais aussi, plus généralement dans tout contexte où le contrôle économique du processus de décision induit une responsabilité envers des acteurs tiers (la hiérarchie du décideur, les équipes porteuses de projets, ou la société dans son ensemble).

Nous avons traduit ce besoin d'argumenter clairement les décisions par deux principes que nous avons tenté d'inscrire dans la conception de nos méthodes.

1. **Proposition a :** *Un modèle d'évaluation et de sélection de projets doit être transparent.*

Il est nécessaire que le décideur puisse comprendre la logique ayant conduit aux recommandations, si on veut qu'il s'approprie les décisions. Ceci nous a conduit à reprendre les codes de l'analyse SWOT. De plus, cette logique doit être suffisamment claire pour être utilisée dans l'argumentation. Ceci s'est traduit, dans SPADE, par l'utilisation d'une logique d'agrégation simple, basée sur le comptage des aspects

## CONCLUSION

---

positifs et négatifs et leur comparaison par ordre d'importance. L'argumentation des décisions peut se faire sur cette base (par exemple une décision de rejet peut être justifiée en mettant en exergue les aspects négatifs d'un projet). Ces arguments doivent cependant être construits au cas par cas, et nécessite l'intervention d'un analyste. Dans RADAR, l'agrégation est basée sur les principes simples de majorité et de compensation, traduits en des règles exprimées dans le langage courant. En outre, cette dernière méthode permet la construction automatique des arguments justifiant les décisions.

2. **Proposition b** : *Un modèle d'évaluation et de sélection de projets publics se doit d'être équitable.*

Dans RADAR, ce principe se traduit par la formulation en problème de tri contraint, qui permet de justifier entièrement les décisions par la qualité intrinsèque des alternatives eu égard à une norme fixe. L'extension de SPADE pour le traitement de problèmes de tri contraint est une perspective de développement envisageable. Elle permettrait par ailleurs la prise en compte de la Proposition 8 de [AG99].

Au delà du contexte d'application et au niveau plus fondamental des préférences de l'individu, l'une des contributions de cette recherche concerne la modélisation et l'agrégation indépendantes des arguments de conviction et d'opposition. Le cadre de travail que nous avons proposé au chapitre 3 permet, en effet, de modéliser l'importance des critères sur deux dimensions représentant indépendamment leur capacités à être utilisés pour construire des arguments *pour* et des arguments *contre* une alternative. Nos procédures d'agrégation, que ce soit celle basée sur la relation  $\underline{\Delta}$  de SWOT-dominance proposée au chapitre 4, ou celle basée sur les relations de surclassement  $S^+$  et  $S^-$  proposée au chapitre 5 permettent d'exploiter ce modèle de préférence, sans intercomparer les deux dimensions. Dans la procédure d'agrégation à base de règles logiques proposée au chapitre 6, le choix est donné au concepteur du modèle de ne pas permettre de telles compensations, en construisant chaque condition élémentaire de sorte à ce qu'elle ne porte que sur les forces, ou sur les faiblesses, ou alors de permettre l'intercomparaison des forces et des faiblesses, mais en contrôlant sa signification, à travers la spécification de conditions élémentaires de compensation.

L'une de nos perspectives de recherche future est l'analyse, en utilisant le cadre de travail exhaustif décrit dans [RM96], de la notion d'importance des critères dans SPADE et RADAR afin d'arriver à une meilleure compréhension des comportements de ces deux modèles. À l'avenir, nous souhaitons également approfondir et développer cette idée d'une modélisation et d'une exploitation indépendantes des pouvoirs de conviction et d'opposition des

---

critères.

En pratique, nous souhaitons développer des modèles pour d'autres contextes que le management de portefeuilles de projets, mais pour lesquels de telles représentations semblent indiquées. Des passages en revue sommaires des modèles utilisés pour la prévision de résultats sportifs (où les critères renseignant sur les résultats des confrontations directes entre équipes semblent avoir une plus grande capacité de conviction que d'opposition), et pour la détection de courriels indésirables (où des critères tels que la densité de certains mots-clés semblent avoir une plus grande capacité d'opposition que de conviction) nous ont, par exemple, donné à penser que ces deux contextes de décision étaient de ceux-là.

*CONCLUSION*

---

# Bibliographie

- [Afn] Afnor publications, Décembre 2001 - 118 pages. *Management de projet - Présentation générale*.
- [AG96] N.P. Archer and F. Ghasemzadeh. Project portfolio selection techniques : A review and a suggested integration approach. Technical report, Innovation Research Working Group Working Paper No. 46, McMaster University, 1996.
- [AG99] N.P Archer and F Ghasemzadeh. An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, 17(4) :207–216, 1999.
- [AG00] N.P. Archer and F. Ghasemzadeh. Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems*, 29 :73–88, 2000.
- [AV02] R. Azibi and D. Vanderpooten. Construction of rule-based assignment models. *European Journal of Operational Research*, 138(2) :274–293, 2002.
- [BC10] K. Bogenschneider and Th. J. Corbett. *Evidence-Based Policy-making : Insights from Policy-Minded Researchers and Research-Minded Policymakers*. Routledge Academic, 2010.
- [BCS07] J. Branke, S.E. Chick, and C. Schmidt. Selecting a selection procedure. *Management Science*, 53(12) :1916–1932, 2007.
- [BDD01] M.A. Badri, Donald Davis, and Donna Davis. A comprehensive 0-1 goal programming model for project selection. *International Journal of Project Management*, 19 :243–252, 2001.
- [BDM<sup>+</sup>99] P. Brucker, A. Drexl, R. Mohring, K. Neumann, and E. Pesch. Resource-constrained project scheduling : Notation, classification, models, and methods. *European Journal of Operational Research*, 112, 1999.
- [BGS04] M. Bresnen, A. Goussevskaia, and J. Swan. Embedding new management knowledge in project-based organizations. *Organization Studies*, 25(9) :1535–1555, 2004.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [Blo05] J.R. Blondal. Market-type mechanisms and the provision of public services. *OECD Journal on Budgeting*, 5(1) :79–106, 2005.
- [BMM01] G.J. Beaujon, S.P. Marin, and G.C. McDonald. Balancing and optimizing a portfolio of r&d projects. *Naval Research Logistics*, 48, 2001.
- [BMP<sup>+</sup>00] D. Bouyssou, T. Marchant, M. Pirlot, P. Perny, A. Tsoukiàs, and Ph. Vincke. *Evaluation and decision models : a critical perspective*. Kluwer Academic, Dordrecht, 2000.
- [Boh09] A. Bohm. *The SWOT Analysis*. GRIN Verlag, 2009.
- [Bri99] D.N. Bridges. *Project Portfolio Management : Ideas and Practices*, pages 45–54. In *Project Portfolio Management : selecting and prioritizing for competitive advantage*, Eds L.D. Dye and J. Pennymaker, West Chester, Penn : Center for business practice, 1999.
- [BSW95] K. Borcharding, S. Schmeer, and . Weber. *Biases in Multiattribute Weight Elicitation*. Contributions to decision making. J-P Caverni, 1995.
- [BV97] D. Bouyssou and P. Vincke. Ranking alternatives on the basis of preference relations : A progress report with special emphasis on outranking relations. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 12(2) :14–20, 1997.
- [BV07] J. Buchanan and D. Vanderpooten. Ranking projects for an electricity utility using electre 3. *International Transactions in Operational Research*, 14(4) :309–323, 2007.
- [CC09] T.C Chen and H.L. Cheng. A comprehensive model for selecting information system projects under fuzzy environment. *International Journal of Project Management*, 27 :389–399, 2009.
- [CEK01] R.G. Cooper, S.J. Edgett, and E.J. Kleinschmidt. Portfolio management – fundamental to new product success. Technical report, Product Development Institute. WORKING PAPER No. 12, 2001.
- [CGM<sup>+</sup>10] A.F. Carazo, T. Gómez, J. Molina, G. Hernández-Díaz, F.M. Guerrero, and R. Caballero. Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection. *Computers & Operations Research*, 37(4) :630–639, 2010.
- [Cha02] J. Chan. Models of public budgeting and accounting reform. *OECD Journal on Budgeting*, 2(1), 2002.



## BIBLIOGRAPHIE

---

- [Chi04] M. Chisholm. *How to build a business rules engine :Extending application functionality through metadata engineering*. Morgan Kaufmann, 2004.
- [CL00] D. Chua and D. Li. Key factors in bid reasoning models. *J Constr Eng Manage*, 126(5) :349–357, 2000.
- [CLC00] D. Chua, D. Li, and W.T. Chan. Case-based reasoning approach in bid decision making. *J Constr Eng Manage*, 127(1) :35–45, 2000.
- [CRMP07] Carlsson C., Fuller R., Heikkila M., and Majlender P. A fuzzy approach to r&d project portfolio selection. *International Journal of Approximate Reasoning*, 44 :93–105, 2007.
- [DE02] M. Ding and J. Eliashberg. Structuring the new product development pipeline. *Management Science*, 48(3) :343–363, 2002.
- [DEC80] R.P. Declerk, P. Emery, and M.A. Crener. *Le management stratégique des projets*. Editions Hommes et Techniques, 1980.
- [Dic99] M.W. Dickinson. Technology portfolio management : Optimizing interdependent projects over multiple time periods. Master’s thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1999.
- [DLR00] Z. Degraeve, E. Labro, and F. Roodhooft. An evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective. *European Journal of Operational Research*, 125 :34–58, 2000.
- [EGS06] H. Eilat, B. Golany, and A. Shtub. Constructing and evaluating balanced portfolios of r&d projects with interactions : A dea based methodology. *European Journal of Operational Research*, 172, 2006.
- [EJ03] M. Engwalla and A. Jerbrant. The resource allocation syndrome : the prime challenge of multi-project management ? *International Journal of Project Management*, 21 :403–409, 2003.
- [Eli96] G. Eliasson. *Firm objectives, controls and organization : the use of information and the transfer of knowledge within the firm*. Kluwer academic, 1996.
- [Fay98] A. Fayek. A competitive bidding strategy model and software system for bid preparation. *J Constr Eng Manage*, 124(1) :148–152, 1998.
- [FCF08] Y. Fang, L. Chen, and M. Fukushima. A mixed r&d projects and securities portfolio selection model. *European Journal of Operational Research*, 185 :700–715, 2008.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [Fra00] R. Frank. Why is cost-benefit analysis so controversial? *Journal Of Legal Studies*, 913, 2000.
- [GAL99] F. Ghasemzadeh, N. Archer, and P. Lyogun. A zero-one model for project portfolio selection and scheduling. *The Journal of the Operational Research Society*, 50(7) :745–755, 1999.
- [Gar94] M. Garrabe. *Ingénierie de l'évaluation économique*. Ellipses, 1994.
- [Gei95] J. Geisler. An integrated cost-performance model of research and development evaluation. *Omega, Int. J. Mgmt Sci*, 23(3) :281–294, 1995.
- [Gia91] V. Giard. *Gestion de projet*. Economica, Paris, 1991.
- [GK99] Y. Gerchak and M. Kilgour. Optimal parallel funding of research and development projects. *IEEE Transactions*, 31 :145–152, 1999.
- [GKSD10] W.J. Gutjahr, S. Katzensteiner, C. Stummer, and M. Denk. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 205 :670–679, 2010.
- [GM08] G. Gullà-Ménez. De l'évaluation des processus projets à l'audit de projet : retours d'expériences. In *Présentation à l'institut de l'audit interne*, 2008.
- [GMS01] S. Greco, B. Matarazzo, and R. Slowinski. Rough sets theory for multicriteria decision analysis. *International Transactions in Operational Research*, 129(1) :1–47, 2001.
- [GP99] Y. Gerchak and M. Parlar. Allocating resources to research and development projects in a competitive environment. *IEEE Transactions*, 31 :827–834, 1999.
- [GTU07] K. Girotra, C. Terwiesch, and K. T. Ulrich. Valuing R&D projects in a portfolio : Evidence from the pharmaceutical industry. *Management Science*, 53(9) :1452–1466, 2007.
- [HCC08] C. Huang, P. Chu, and Y. Chiang. A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. *Omega*, 36(6) :1038–1052, 2008.
- [HDD98] W. Herroelen, B. DeReyck, and E. Demeulemeester. Resource-constrained project scheduling : A survey of recent developments. *ComputersOpsRes*, 25(4) :279–30, 1998.
- [Hen00] L. Henriet. *Systèmes d'évaluation et de classification multicritères pour l'aide à la décision - Construction de modèles et*

## BIBLIOGRAPHIE

---

- de procédures d'affectation*. PhD thesis, Thèse de doctorat en sciences, mention informatique. Université Paris-Dauphine, 2000.
- [Hes93] S.W. Hess. Swinging on the branch of a tree : project selection applications. *Interfaces*, 23(6) :5–12, 1993.
- [HHB08] A.J. Higgins, S. Hajkowitz, and E. Bui. A multi-objective model for environmental investment decision making. *Computers & Operations Research*, 35, 2008.
- [HK09] C. Heimerl and R. Kolisch. Scheduling and staffing multiple projects with a multi-skilled workforce. *OR Spectrum*, DOI 10.1007/s00291-009-0169-4, 2009.
- [HSB11] A. Hayez, Y. De Smet, and J. Bonney. D-sight : A new decision support system to address multi-criteria problems. Technical Report TR/SMG/2011-004, CoDE-SMG - Technical Report Series, Université Libre de Bruxelles, 2011.
- [IFA08] IFAC. 2008 handbook of international public sector accounting pronouncements - volume i, international public sector accounting standards board. Technical report, International Federation of Accountants, 2008.
- [IMF01] IMF. Government finance statistics manual. Technical report, Washington : International Monetary Fund., 2001.
- [ISO] ISO, 2003 - 34 pages. *Systèmes de management de la qualité - Lignes directrices pour le management de la qualité dans les projets*.
- [JKD08] B. Jafarizadeh and R. Ramazani Khorshid-Doust. A method of project selection based on capital asset pricing theories in a framework of mean-semideviation behavior. *International Journal of Project Management*, 26 :612–619, 2008.
- [Kas94] J.P. Kassirer. Peer review : Crude and understudied, but indispensable. *The Journal of the American Medical Association*, 272(2) :96–97, 1994.
- [KBA07] C. Kahraman, G. Büyüközka, and N. Y. Ateş. A two phase multi-attribute decision-making approach for new product introduction. *Information Sciences*, 177(7) :1567–1582, 2007.
- [Kéb06] P. I. Kébé. Les méthodes d'évaluation des projets de R&D à la croisée des chemins? *Centre d'étude et de recherche de l'ESC Clermont - Graduate School Of Management. Cahier de recherche 4/2006*, 2006.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [Kei04] J.M. Keisler. Value of information in portfolio decision analysis. *Decision Analysis*, 1(3) :177–189, 2004.
- [Kei05] J.M. Keisler. The value of assessing weights in multi-attribute portfolio decision analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 230, 2005.
- [KLT06] S. Kavadias, C.H. Loch, and U. Tapper. Allocating the r&d budget at gemstone. Technical report, INSEAD Working Paper, 2006.
- [KMV93] N. Khoury, J.M Martel, and M. Veilleux. Méthode multicritère de sélection de portefeuilles indiciels internationaux. *L'Actualité économique, Revue d'analyse économique*, 69(1) :171–190, 1993.
- [KN76] R.L. Keeney and K. Nair. Evaluating potential nuclear power plant sites in the pacific northwest using decision analysis. Technical Report 76-1, également dans : Bell, D.E., Keeney, R.L. and Raiffa, H. (eds.), (1977), *Conflicting Objectives in Decisions*, Chapter 14, Wiley, et dans : Keeney, R.L. (1980), *Siting Energy Facilities*, Chapter 3, Academic Press, New York., 1976.
- [LB00] O. Larichev and R. Brown. Numerical and verbal decision analysis : Comparison on practical cases. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 9(6) :263–273, 2000.
- [Lie09] I. Lienert. Where does the public sector end and the private sector begin? Technical report, International Monetary Fund Working Paper, 2009.
- [LMS07] J. Liesio, P. Mild, and A. Salo. Preference programming for robust portfolio modeling and project selection. *European Journal of Operational Research*, 181(3) :1488–1505, 2007.
- [LMS08] J. Liesio, P. Mild, and A. Salo. Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies. *European Journal of Operational Research*, 190(1) :679–695, 2008.
- [Mar95] J.S. Martino. *R&D Project Selection*. John Wiley & Sons, 1995.
- [Mar02] J. Martikainen. Portfolio management of strategic investments in metal products industry. Master's thesis, Helsinki University of Technology, 2002.
- [MDD07] V. Mousseau, S. Damart, and L.C. Dias. Supporting groups in sorting decisions : Methodology and use of a multi-criteria aggregation/disaggregation dss. *Decision Support Systems*, 43(4) :1464–1475, 2007.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [MDF03] V. Mousseau, L.C. Dias, and J. Figueira. On the notion of category size in multiple criteria sorting models. *DIMACS Technical Report 2003-02*, 2003.
- [NLDC09] B. Nepal, G. Lassan, B. Drow, and K. Chelst. A set-covering model for optimizing selection of portfolio of microcontrollers in an automotive supplier company. *European Journal of Operational Research*, 193 :272–281, 2009.
- [Obe94] E. Obeng. *All Change! : The Project Leader's Secret Handbook*. Financial Times Management, 1994.
- [OF92] O. Odusote and R.F. Fellows. An examination of the importance of resource considerations when contractors make project selection decisions. *Constr Manage Econ*, 10 :137–151, 1992.
- [Okp91] D.C. Okpala. Evaluation and selection of construction projects in nigeria. *Constr Manage Econ*, 9 :51–61, 1991.
- [ONU10] ONU. *Les Nations Unies Aujourd'hui*. Organisation des nations unies, 2010.
- [Paw97] Z. Pawlak. Rough set approach to knowledge-based decision support. *European Journal of Operational Research*, 99(1) :48–57, 1997.
- [PeC07] L.D. Phillips and C.A. Bana e Costa. Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. *Ann Oper Res*, 157 :51–68, 2007.
- [Phi84] L.D. Phillips. A theory of requisite decision models. *Acta Psychologica*, 56 :29–48, 1984.
- [PJ02] A.S. Pillai and A. Joshi. Performance measurement of r&d projects in a multi-project, concurrent engineering environment. *International Journal of Project Management*, 20 :165–177, 2002.
- [Ram04] M.Z. Ramadan. A fuzzy model for r&d project selection with multi-criteria decision making. *Proceedings of the 2nd IIEC*, 2004.
- [RB83] B. Roy and D. Bouyssou. Comparison, sur un cas précis, de deux modules concurrents d'aide à la décision. Technical Report Document du LAMSADE no 22 (102 pages), Université Paris-Dauphine, 1983.
- [RB86] B. Roy and D. Bouyssou. Comparison of two decision-aid models applied to a nuclear power plant siting example. *European Journal of Operational Research*, (25) :200–215, 1986.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [RD01] B. Roy and S. Damart. L'analyse coûts-avantages, outil de concertation et de légitimation? *METROPOLIS*, Projets et politiques de transport : expertises en débat(108), 2001.
- [RGC04] J.L. Ringuest, S.B. Graves, and R.H. Case. Mean-gini analysis in R&D portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 154 :157–169, 2004.
- [RM96] B. Roy and V. Mousseau. A theoretical framework for analysing the notion of relative importance of criteria. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 5(1) :145–159, 1996.
- [Roy93] B. Roy. *Aide Multicritère à la décision : méthodes et cas*. Economica,, 1993.
- [Sch99] E.H. Schein. Process consultation revisited : building the helping relationship. *Reading : Addison-Wesley*, 1999.
- [SDN01] M. Skitmore, D.S. Drew, and S. Ngai. Bid-spread. *J Constr Eng Manage*, 127(2) :149–153, 2001.
- [Sin09] S. Sinek. *Start with Why : How Great Leaders Inspire Everyone to Take Action*. Portfolio, 2009.
- [SK98] P. Sharpe and T. Keelin. How smithkline beecham makes better resource-allocation decisions. *Harvard Business Review*, 76(2) :45–57, 1998.
- [SK00] R. Santhanam and J. Kyparisis. A multiple criteria decision model for information system project selection. *Computers & Operations Research*, 22(8) :807–818, 2000.
- [SKM11] A. Salo, J. Keisler, and A. (Eds.) Morton. *Portfolio Decision Analysis : Improved Methods for Resource Allocation*, volume 162 of *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer-Verlag New York Inc., 2011.
- [Sou84] W.E. Souder. *Project Selection and Economic Appraisal*. Van Nostrand Reinhold Company, 1984.
- [Ste91] T.J. Stewart. A multi-criteria decision support system for R&D project selection. *The Journal of the Operational Research Society*, 42(1) :17–26, 1991.
- [SW06] J.E. Smith and R.L. Winkler. The optimizer's curse : Skepticism and postdecision surprise in decision analysis. *Management Science*, 52(3), 2006.
- [SZ08] R. Shen and S. Zhang. Robust portfolio selection based on a multi-stage scenario tree. *European Journal of Operational Research*, 191 :864–887, 2008.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [SZJ93] M.J. Schniederjan, T.S. Zorn, and R.R. Johnson. Allocating total wealth : A goal programming approach. *Computers Ops Res.*, 20(7) :679–685, 1993.
- [TLS11] A. Toppila, J. Liesiö, and A. Salo. *A Resource Allocation Model for R&D Investments : A Case Study in Telecommunication Standardization*, volume 162, chapter Part 3, pages 241–258. Springer-Verlag New York Inc., 2011.
- [TML<sup>+</sup>02] Q. Tian, J. Ma, C.J. Liang, R.C.W. Kwok, O. Liu, and Q. Zhang. An organizational decision support approach to R&D project selection. *The 35th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2002.
- [TN86] H. Takeuchi and I. Nonaka. The new new product development game. *Harvard Business Review*, 1986.
- [Tur98] J. Turner. *The Handbook Of Project-Based Management : Improving the Process for Achieving Strategic Objectives*. McGraw-Hill Professional ; 2nd edition, 1998.
- [Van89] D. Vanderpooten. The interactive approach in MCDA : a technical framework and some basic conceptions. *Mathematical and Computer Modelling*, 12 :1213–1220, 1989.
- [Van90] D. Vanderpooten. *The construction of prescriptions in outranking methods*. In C. Bana e Costa, editor, *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pages 184-216. Springer Verlag, Heidelberg, 1990.
- [WDJ98] V.D. Wiley, R.F. Deckro, and J.A. Jackson Jr. Optimization analysis for design and planning of multi-project programs. *European Journal of Operational Research*, 107 :492–506, 1998.
- [Wei63] H.M. Weingartner. *Mathematical programming and the analysis of capital budgeting problems*. Englewood Press, 1963.
- [Wei66] H.M. Weingartner. Criteria for programming investment project selection. *J Ind Econ*, 11 :65–76, 1966.
- [WH09] D. W. Wirick and N. J. Hoboken. *Public-sector project management : meeting the challenges and achieving results*. Wiley Desktop Edition E-Book, 2009.
- [WWZ90] R. Weber, B. Werners, and H.J. Zimmermann. Planning models for research and development - invited review. *European Journal of Operational Research*, 48 :175–188, 1990.
- [ZCM11] J. Zheng, O. Cailloux, and V. Mousseau. Constrained multicriteria sorting method applied to portfolio selection. In *Proceedings of*

## BIBLIOGRAPHIE

---

*the 2nd International Conference on Algorithmic Decision Theory, DIMACS, Rutgers University, New Jersey, pages 219–233, 2011.*



## Résumé

Le management de portefeuilles de projets désigne l'ensemble des méthodes et outils permettant à une organisation de planifier, d'évaluer, d'analyser, et de suivre l'exécution d'un ensemble de projets, ou de propositions de projets, partageant des ressources communes, ou concourant à la réalisation d'objectifs communs. Les modèles d'aide multicritère à la décision, de par leur capacité à structurer clairement les problèmes, à modéliser fidèlement les préférences et à agréger rationnellement les points de vues, se présentent comme les supports les plus adéquats à ce processus. Néanmoins, les modèles existants souffrent de certaines lacunes qui les empêchent d'être diffusés et utilisés au delà du cadre académique : (i) la non-prise en compte de la nature non-symétrique de l'importance de certains critères, (ii) leur opacité qui rend difficiles l'argumentation des décisions et leur appropriation par les utilisateurs, (iii) leur inadaptation implicite à certains contextes de décision tels que le management de projets publics. Dans ce travail de thèse, notre contribution consiste en la proposition de deux méthodes multicritères adaptées à l'évaluation, la sélection et l'argumentation des décisions de management de portefeuilles de projets. Nous proposons, plus précisément : (i) une étude des spécificités des projets publics et privés et leurs conséquences pour l'aide à la décision, (ii) un cadre de travail permettant de représenter indépendamment la capacité d'opposition et de conviction des critères, (iii) deux procédures d'agrégation multicritères transparentes, adaptées à différents contextes décisionnels. Nous assurons la validité théorique de nos approches et illustrons leur applicabilité sur des problèmes réels. Les résultats obtenus sont satisfaisants.

**Mots-clés :** Aide multicritère à la décision, Management de portefeuilles de projets, Aide à l'argumentation, Méthodes de surclassement, Systèmes de règles logiques, Programmation linéaire.

## Abstract

Project portfolio management (PPM) involves the use of methods and tools, allowing an organization to plan, evaluate, analyze and screen the execution of a set of projects or project proposals, sharing common resources or aiming at the attainment of common objectives. Multicriteria decision aid models are useful tools to support this process, given their ability to accurately model preferences, and rationally aggregate points of view. However, existing models present some lacks that limit their use outside of academic circles : (i) They neglect the non-symmetrical nature of the importance of some criteria that are relevant in PPM. (ii) The *black box* effect makes it hard to use them for the argumentation of decisions and to gain their acceptance by users (iii) They are implicitly fitted for private/for-profit projects, which limits their use in public organizations. In this thesis, our contribution consists in proposing two multicriteria methods for supporting the activities of evaluating, selecting and arguing decision, for project portfolio management. We propose: (i) An analysis of the specific features of public and private projects and their consequences for decision support (ii) A framework that allows an independent modeling of the abilities of a criterion to oppose and convince (iii) Two transparent multicriteria aggregation procedures, fitted for different decision contexts. We ensure the theoretical validity of our approaches and illustrate their applicability on real data, with satisfying results.

**Keywords:** Multicriteria decision aid, Project portfolio management, Outranking methods, Rule assignment systems, Linear programming.