

UNIVERSITE PARIS-DAUPHINE

U.E.R. Sciences des Organisations

Mémoire de Synthèse pour l'obtention du titre de Docteur en Méthodes Scientifiques de Gestion

**Sujet : Méthodes d'aide multicritère à la décision.
Fondements et mise en oeuvre.**

**Directeur de recherche : Bernard ROY
Candidat : Denis BOUYSSOU**

Jury **MM. les Professeurs**
Jean-Louis CHANDON
Jean-Yves JAFFRAY
Bertrand MUNIER
Bernard PRAS
Bernard ROY
Philippe VINCKE

Année de la soutenance : 1990

" L'Université n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs ".

TABLE DES MATIERES

Remerciements	ii
Avant-Propos.	iii
1. Introduction	1
2. L'aide multicritère à la décision.	4
2.1. L'aide à la décision.	4
2.2. Une aide multicritère.	9
3. Présentation des travaux.	13
3.1. Démarches descriptives et constructives d'aide à la décision.. . . .	13
3.2. Analyse de modèles d'aide à la décision.. . . .	15
3.2.1 Théorie de l'utilité espérée.	16
3.2.2. Méthodes de surclassement.	18
3.3. Problèmes de construction de critères.	20
3.4. Familles de critères et procédures d'agrégation.	21
3.5. Vers une théorie générale des procédures d'agrégation multicritère.. . . .	23
4. Conclusion.	25
Références.	27

Remerciements

Les travaux présentés ici n'auraient pu être réalisés sans l'aide, la collaboration et l'amitié de nombreuses personnes.

Le Professeur Bernard Roy a dirigé, inspiré et encouragé les recherches qui font l'objet de ce document. Que ce soit comme Directeur de Thèse ou comme co-auteur de beaucoup de mes travaux, ma gratitude envers lui va bien au-delà de ces quelques lignes.

Messieurs les Professeurs Jean-Yves Jaffray et Philippe Vincke ont bien voulu accepter, à nouveau, d'avoir à connaître et à juger de mes travaux. Je les en remercie ici très vivement.

Participer à un jury de thèse, et particulièrement lorsqu'il s'agit d'une thèse sur travaux, n'est pas une tâche aisée. Je remercie Messieurs les Professeurs Jean-Louis Chandon, Bertrand Munier et Bernard Pras d'avoir bien voulu l'accepter.

Jean-Claude Vansnick est le co-auteur de plusieurs des travaux présentés ici. Je tiens à le remercier tout spécialement de cette très stimulante et enrichissante collaboration.

Ma reconnaissance va aussi à tous ceux qui m'ont aidé ou soutenu dans la réalisation de ces travaux et particulièrement à mes proches et aux membres des institutions qui m'ont accueilli : le LAMSADE, le GRADE de la Faculté des Sciences de l'Administration de l'Université Laval et L'ESSEC. Il m'est impossible ici de tous les nommer. Qu'ils sachent néanmoins que sans cette aide et ces encouragements, ce travail n'aurait pas eu lieu. Ne pas citer Gilles d'Avignon, Haluk Barda, Albert David, Jane Davidson, Dominique François, Tassos Iliakopoulos, Eric Jacquet-Lagrèze, Hervé Le Lous, Jean-Marc Martel, Rachid Meziani, Catherine Montrade, Halim M'Silti, Raymond Nadeau, Josette Rey, Jean Siskos, Jean-Michel Skalka, Panayotis Spiliopoulos, Nikos Stathopoulos, Daniel Vanderpooten et Denis Yannacopoulos serait toutefois impardonnable.

Avant-Propos

Ce document n'a ni le volume, ni les objectifs d'une thèse. Il ne constitue pas un tout en soi et vise plus à introduire qu'à résumer les travaux présentés.

Pour ne pas alourdir inutilement ce document, nous avons évité d'y inclure des développements trop techniques qui nous auraient obligé à recourir à un symbolisme important. Nous n'avons cependant pas pu nous passer entièrement d'un certain "jargon" propre au domaine étudié. Dans la mesure du possible, nous nous sommes efforcé de rester cohérent avec le vocabulaire utilisé dans notre thèse de troisième cycle que nous n'avons donc pas redéfini ici.

Certains des travaux que présente ce mémoire sont co-signés. C'est avec l'accord de nos co-auteurs qu'ils apparaissent ici. Il va de soi cependant que les commentaires que nous en faisons ne les engagent en aucune façon et restent sous notre seule responsabilité.

1. Introduction

Ce mémoire vise à présenter treize documents¹ que nous croyons représentatifs de notre travail sur divers aspects de l'aide à la décision. Ces documents comprennent notre thèse de troisième cycle :

[Th] "*Approches descriptives et constructives d'aide à la décision : fondements et comparaison*", Thèse de troisième cycle, Université de Paris-Dauphine, 1984, 270 pages,

quatre articles publiés dans des revues internationales avec procédure d'arbitrage :

- [1] "Some remarks on the notion of compensation in MCDM", *European Journal of Operational Research*, Vol. 26, pp. 150-160, 1986,
- [2] "Comparison of two decision-aid models applied to a nuclear power plant siting example", *European Journal of Operational Research*, Vol. 25, pp. 200-215, 1986 (avec B. ROY),
- [3] "Noncompensatory and generalized noncompensatory preference structures", *Theory and Decision*, Vol. 21, pp. 251-266, 1986. (avec J.C. VANSNICK),
- [4] "La notion de seuils de discrimination en analyse multicritère", *INFOR*, Vol. 24, pp. 302-313, 1987 (avec B. ROY),

quatre articles publiés ou acceptés pour publication dans des ouvrages collectifs avec procédure d'arbitrage :

¹ Ces textes, à l'exception de [Th], sont reproduits en annexe dans l'ordre dans lequel ils sont présentés ici.

- [5] "Decision-aid and expected utility theory : a critical survey", in *"Progress in Utility and Risk Theory"*, O. Hagen et F. Wenstøp (Eds.), pp. 181-216, D. Reidel, Dordrecht, 1984,
- [6] "A note on the relationship between utility and value functions", in *"Risk, Decision and Rationality"*, B. Munier (Ed.), pp. 103-114, D. Reidel, Dordrecht, 1988 (avec J.C. VANSNICK),
- [7] "Modelling inaccurate determination, uncertainty, imprecision using multiple criteria", in *"Proceedings of the VIIIth International Conference on MCDM"*, A.G. Lockett (Ed.), Springer Verlag, à paraître. (Cahier du LAMSADE n°88, novembre 1988),
- [8] "Building criteria : a prerequisite for MCDA", in *"Readings in Multiple Criteria Decision Aid"*, C. Bana e Costa (Ed.), Springer Verlag, à paraître. (version française : "Problèmes de construction de critères", Cahier du LAMSADE n°91, avril 1989),

ainsi que quatre documents de travail :

- [9] "*Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas*", ouvrage en préparation, Chapitre 2, "Famille de critères : problèmes de cohérence et de dépendance", Document du LAMSADE n° 37, mars 1987, 73 pages (avec B.ROY),
- [10] "*Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas*", ouvrage en préparation, Chapitre 3, "Conflits entre critères et procédures élémentaires d'agrégation multicritère", Document du LAMSADE n° 41, juin 1987, 75 pages (avec B.ROY).
- [11] "*Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas*", ouvrage en préparation, Chapitre 4, "Procédures d'agrégation multicritère conduisant à un critère unique de synthèse", Document du LAMSADE n° 42, novembre 1987, 86 pages (avec B.ROY).

- [12] "*Utilité cardinale dans le certain et choix dans le risque*", Cahier du LAMSADE n° 92, avril 1989, 42 pages, soumis pour publication (avec J.C.VANSNICK).

Ces articles et ces documents de travail entretiennent, bien évidemment, des liens avec notre thèse de troisième cycle. Certains ([2], [3], [4], [5]) en sont directement issus en ce sens qu'ils constituent des approfondissements et/ou des mises en formes de sujets déjà abordés dans notre thèse. D'autres ([1], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]) contiennent des développements nouveaux par rapport à notre travail de thèse. Ils ont, pour la plupart, fait l'objet de présentations dans des congrès internationaux.

Les travaux présentés ici sont le fruit d'une collaboration au sein de l'équipe de recherche du LAMSADE depuis 1981. Les sujets qu'ils abordent constituent des préoccupations communes à de nombreux membres de cette équipe. Il ne faudra donc pas s'étonner si nombre d'entre eux ont été co-signés¹.

Il est difficile de présenter un ensemble de travaux s'étendant sur plusieurs années sans éprouver un certain sentiment de frustration. Nombreuses sont les pistes ouvertes qui n'ont encore été qu'imparfaitement explorées. Plus nombreux encore sont les résultats, les commentaires que nous présenterions aujourd'hui de façon différente, les pages que l'on souhaiterait récrire.

Nous espérons cependant montrer dans ce mémoire que cet ensemble, imparfait, constitue néanmoins un tout cohérent. Dans une première partie, nous nous attacherons à préciser succinctement quelques unes des idées directrices qui nous ont guidé dans l'élaboration de ces travaux. On les présentera ensuite dans une deuxième partie, en tâchant moins de les résumer que d'en faire ressortir l'apport et la complémentarité.

¹ Rappelons que ces travaux co-signés apparaissent ici avec l'accord de nos co-auteurs.

2. L'aide multicritère à la décision

2.1. L'aide à la décision

Comme nous le mentionnions déjà au début de [Th], l'objet de notre travail est ce que B. Roy (1985) a appelé l'aide à la décision qu'il définit comme :

"...l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, cherche à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part."

Nous renvoyons le lecteur à Roy (1985) et à Roy et Bouyssou (1988) pour une analyse d'ensemble de la façon d'aborder l'aide à la décision découlant de cette définition et nous nous contenterons ici d'en souligner quelques points saillants qui nous semblent importants pour éclairer nos travaux.

L'activité de l'homme d'étude (c'est-à-dire de celui qui exerce l'aide à la décision) se situe, d'après cette définition, à la charnière de la réflexion et de l'action. Il doit à la fois concevoir des modèles et les mettre en oeuvre au sein de processus de décision. Son activité est donc assez proche de celle d'un ingénieur. Elle vise moins à comprendre le réel qu'à agir sur celui-ci.

On peut donc parler de "Science de l'ingénieur" à propos de la recherche scientifique en matière d'aide à la décision. De ce fait, le statut épistémologique de cette recherche ne saurait être celui des sciences "dures" ou même de la plupart des sciences de l'homme. L'ingénieur dispose cependant, en général, de critères de validation simples de ses travaux en termes de bon fonctionnement, de performances, de durabilité, etc. Comme on va le voir, tel n'est pas le cas

pour l'"ingénieur de la décision", ce qui complique singulièrement la tâche du chercheur dans le domaine.

On pourrait être tenté de répondre à la question "qu'est-ce qu'une bonne aide à la décision ?" en admettant qu'une "bonne" aide à la décision est une aide à la décision qui "fonctionne". Il est vrai qu'il n'est jamais agréable à un homme d'étude de voir ses rapports "enterrés" et ses conclusions non directement suivies d'effets. Mais, lorsque c'est le cas, cela signifie-t-il pour autant que l'aide à la décision a échoué ? Nous ne le croyons pas. La prescription, mot employé en aide à la décision dans son sens médical, n'est pas la fin ultime de l'aide à la décision. On sait bien, en effet, le rôle crucial que peuvent jouer des personnes extérieures du fait des interrogations qu'elles soulèvent, ou même de leur seule présence, dans certains processus de décision. Même si une aide à la décision est presque toujours présentée comme devant fournir une prescription, elle peut être aussi un instrument stratégique utilisé par certains acteurs pour argumenter, retarder, modifier, voire occulter. Comme le mentionne Moscarola (1977), une étude d'aide à la décision est une étape d'un processus de décision qui n'est généralement ni la dernière, ni la plus importante. Il est donc bien souvent difficile de dire si une aide à la décision particulière a, ou non, "fonctionné".

On peut également considérer qu'une "bonne" aide à la décision est une aide qui conduit à de "bonnes" décisions, voire à une décision "optimale". Cependant, la reconnaissance de la complexité des processus de décision, des rationalités multiples qui s'y côtoient, des conflits qui s'y déroulent et des transformations qui s'y opèrent ne peuvent que faire douter de la possibilité de toujours prouver qu'une décision est, ou non, la meilleure : meilleure pour qui ? selon quels critères ? à quel moment dans le temps ?, etc. Il y a, selon nous, un arbitraire certain à vouloir justifier l'aide à la décision en postulant l'existence d'une "vérité" vers laquelle l'homme d'étude devrait tendre.

Face à cette situation, nous concluons, provisoirement, dans [Th], avec toute l'ambiguïté qui en résulte, que le critère de validation d'une étude d'aide

à la décision le moins mauvais était celui de la "conviction" des intervenants et de l'homme d'étude.

La difficulté qu'il y a à apporter une réponse à la question de savoir ce qu'est une "bonne" aide à la décision a suscité un grand nombre de travaux tant sur le rôle des études d'aide à la décision (cf. GRETU (1980)), que sur la pertinence et la légitimité de la démarche (cf. Moisdon (1977, 1986)).

Le statut ambigu de cette activité s'est traduit par une multiplication¹ des "modèles d'aide à la décision", amenant chaque homme d'étude, ou presque, à mettre au point ses propres outils. Cette "prolifération dans l'ambiguïté" peut apparaître assez naturelle à la lumière de ce qui précède : on n'aide "bien" que si l'on croit à ses outils. Elle soulève cependant bien des questions : comment juger de la portée et des limites de tel ou tel modèle ? comment convaincre un décideur² de la pertinence et de la probance du modèle utilisé ?, etc.

Malgré cela, l'aide à la décision existe en tant que discipline scientifique, même si elle est ébranlée par de nombreuses controverses qui se traduisent périodiquement par une remise en cause de la politique éditoriale des principales revues de Recherche Opérationnelle (cf. pour un exemple récent Steuer (1987), l'existence pendant un temps de deux séries de la revue *Management Science*, la création de la revue *Interfaces* par ORSA-TIMS), une interrogation profonde sur son enseignement (combien y-a-t-il encore d'institutions, en France, où l'on enseigne la Recherche Opérationnelle en tant que telle ?) et ses fondements épistémologiques (cf. Le Moigne (1986)) ou même un questionnement de sa survie à terme (cf. Ackoff (1979))³.

¹ Voir par exemple, dans le domaine des méthodes multicritères, le travail de recensement de Despontin *et al.* (1983).

² Par commodité, et pour rester cohérent avec un usage bien établi quoique ambigu, nous emploierons l'expression "décideur" par raccourci pour "un intervenant dans le processus de décision".

³ Sur tout ces aspects, nous renvoyons le lecteur à [Th, Chap. 1]

Ces difficultés réelles amènent à s'interroger sur le rôle et la portée d'un travail de recherche en aide à la décision. Y-a-t-il place dans ce cadre pour une "théorie de la décision" ou une "théorie de l'aide à la décision"? Si oui, quels objectifs lui assigner ? Nous ne tenterons pas ici de donner une réponse définitive à ces questions. Il nous a cependant semblé indispensable de mentionner quelles ont été les idées directrices qui ont guidé l'élaboration de nos travaux à cet égard.

A notre sens, une recherche scientifique en matière d'aide à la décision ne saurait avoir pour objectif de guider l'homme d'étude et les décideurs vers le choix d'un "meilleur" modèle adapté à tel ou tel type de situation^{1,2}. Ce serait, en effet, oublier d'une part que le succès d'une étude d'aide à la décision dépend au moins autant du modèle utilisé que de la façon dont il est mis en oeuvre et, d'autre part, qu'il est parfaitement concevable de réaliser ce que l'on peut considérer comme une "bonne" aide à la décision en empruntant des voies parfois très différentes.

Plus modestement, nous croyons qu'une telle recherche doit avoir pour objectifs :

- de mieux cerner la portée et les limites de divers modèles en mettant à jour leurs hypothèses et leur mode de fonctionnement et, partant, de fournir des éléments permettant leur comparaison,
- de fournir à l'homme d'étude de nouveaux outils, en élaborant des modèles, mais aussi un cadre conceptuel rigoureux pour raisonner son activité,
- de réfléchir sur la pratique des études d'aide à la décision pour fournir des éléments permettant leur meilleure insertion dans des processus de décision.

¹ Ceci n'empêche pas d'imposer aux modèles utilisés de vérifier un certain nombre d'exigences (cf. 3.3) et, ainsi, de faire apparaître les faiblesses d'une démarche. Mais ces exigences ne permettent pas, en général, de caractériser un seul "bon" modèle pour une situation donnée.

² Notons qu'un tel objectif est parfaitement concevable dans le domaine des mathématiques appliquées où il est possible de définir un bon modèle en termes de performances, de complexité algorithmique, etc.

Ceci implique un travail de nature fort variée pouvant aller de l'analyse axiomatique d'un modèle d'aide à la décision à l'observation clinique d'un processus de décision, en passant par des études expérimentales permettant de tester en laboratoire le comportement de certains modèles ou encore par une réflexion conceptuelle et/ou épistémologique sur l'aide à la décision, nos propres recherches ne couvrant qu'une partie de ce champ très vaste. La recherche en matière d'aide à la décision se situe, par nature, au confluent de nombreuses disciplines : Mathématiques, Psychologie, Economie, Recherche Opérationnelle. Sa spécificité tient à la nature si particulière de l'activité de l'homme d'étude à laquelle elle est subordonnée.

2.2. Une aide multicritère

Dans la majorité de nos travaux, il est question d'aide *multicritère* à la décision, c'est-à-dire de cas où les modèles utilisés par l'homme d'étude font intervenir explicitement, à un moment ou à un autre, plusieurs critères. Nous discutons brièvement dans cette section des raisons de ce choix et de ses conséquences sur nos travaux.

La littérature "multicritère" a connu un extraordinaire accroissement depuis le début des années 1970¹. On a souvent cherché à expliquer ce développement (cf. Zeleny (1982) ou Schärli (1985)) en faisant remarquer que la réalité elle-même était multicritère et que toute décision impliquait de "peser le pour et le contre". Dans ce cadre, le "monocritère" n'apparaît que comme un cas limite et dégénéré du "multicritère". Sans nier toute valeur à cet argument, nous croyons cependant que la raison d'être de ce type d'aide à la décision est ailleurs². Admettre ce point de vue reviendrait à nier toute utilité, pour aider à la décision, aux modèles "monocritères" : calcul économique, techniques classiques de la recherche opérationnelle ou de la gestion financière, etc. Ceux-ci ont pourtant fait, souvent, la preuve de leur efficacité³. Adopter un modèle monocritère, ce n'est pas postuler que, "dans la réalité", un seul critère est à l'oeuvre mais c'est, plus simplement, vouloir aider à la décision en n'exhibant explicitement qu'un seul critère. Au sein de ces modèles, la prise en compte de points de vue multiples s'effectue de diverses façons (même si c'est imparfaitement à notre sens) : conversion de toutes les conséquences dans une unité unique, analyses de sensibilité, utilisation de la dialectique subtile existant entre objectifs et contraintes, etc. Nous ne croyons pas, de plus, qu'en l'absence de tout critère permettant de définir un "bon" modèle d'aide à la décision, l'imitation de la

¹ On pourra consulter, pour s'en convaincre, les bibliographies de Zeleny (1982), Achilles *et al.* (1979) et Siskos *et al.* (1983).

² C'est pourquoi, de même que Vincke (1989), nous employons l'expression "aide multicritère à la décision" de préférence à "aide à la décision multicritère".

³ On entend par là que leur mise en oeuvre a permis, souvent, d'apporter une aide à la décision qui a convaincu.

réalité" puisse fonder solidement une démarche d'aide à la décision¹. De fait, il y a, selon nous, à la base de toute démarche d'aide multicritère à la décision, un "acte de foi" consistant à croire que bâtir *explicitement* plusieurs critères peut avoir un "rôle positif" dans le processus de modélisation. C'est cet acte de foi qui, à notre sens, permet d'entrer dans ce que Roy (1988b) a appelé un "nouveau paradigme" pour l'aide à la décision. Bien entendu, nombreux sont les arguments tendant à montrer que cet "acte de foi" n'est pas déraisonnable. Mais ces arguments ne sont pas des "preuves" et il est important de garder à l'esprit qu'ils sont uniquement des éléments permettant de se forger une conviction. L'aide multicritère à la décision n'est pas destinée à supplanter définitivement les approches monocritères. Elle constitue une autre façon de faire de l'aide à la décision qui, si elle semble échapper à certaines difficultés rencontrées avec une approche monocritère, soulève également des problèmes et des questions.

Parmi les arguments qui ont emportés notre conviction mentionnons :

- a) Dans la plupart des processus de décision, aussi complexes et conflictuels soient-ils, il est souvent possible de mettre à jour un certain nombre d'"axes de signification"² concrets, communs aux différents acteurs, autour desquels ils justifient, transforment et argumentent leurs préférences. Bâtir différents critères autour de ces axes de signification, c'est alors tenter de modéliser ce qui peut apparaître comme la partie stable de la perception du problème qu'ont ces acteurs ; c'est là le rôle de ce niveau intermédiaire (et parfois terminal) de modélisation que constitue l'élaboration du "tableau de performances"² incluant, au contraire d'un critère unique, le moins possible de jugements dépendant d'un système de valeurs particulier et constituant donc souvent une base de dialogue irremplaçable entre acteurs (cf. [8] et [9]).
- b) Construire plusieurs critères permet à l'homme d'étude de gérer, au niveau de chaque axe de signification, les éléments d'incertitude, d'imprécision, de

¹ En d'autres termes, ce n'est pas parce que les processus de décision sont perçus comme complexes et comme faisant intervenir de multiples dimensions, qu'il est toujours nécessaire de reproduire cette "complexité" dans les modèles d'aide à la décision.

² Sur cette notion, nous renvoyons à Roy (1985).

mauvaise définition affectant les "données" du problème (cf Roy (1988a) et [7]). On peut alors mettre en oeuvre des techniques plus simples et efficaces que dans une approche monocritère pour gérer ces phénomènes et ainsi parvenir à une "carte" moins arbitraire, plus riche et néanmoins plus lisible d'un "territoire" complexe.

- c) Construire plusieurs critères, c'est admettre qu'une décision sera inévitablement le résultat d'un compromis entre plusieurs objectifs conflictuels. Mais tous les acteurs n'ont pas la même vision de ce compromis. Un acteur particulier peut même avoir des difficultés à élaborer sa propre conviction parce que ses préférences sont mouvantes et/ou insuffisamment structurées. Ceci doit amener l'homme d'étude à changer d'attitude vis-à-vis de sa prescription et, ainsi, lui permettre d'éviter certains écueils fréquemment rencontrés avec une approche monocritère. Etant condamné à travailler dans le cadre d'un problème "mal posé", il ne peut espérer emporter une conviction du fait de la sophistication des techniques de calcul qu'il utilise. Sa prescription, qui peut, dès lors, prendre d'autres formes que la simple recherche d'un optimum (cf. Roy (1985, chap. 6)), n'acquerra de probance que s'il y a une réelle insertion dans le processus de décision. Le modèle est, dans ce cadre, un support à la réflexion, à la négociation, à la créativité¹ tolérant les ambiguïtés, les hésitations et les retours en arrière.

Tels sont, selon nous, les principaux "avantages" à entrer dans un "paradigme multicritère" en matière d'aide à la décision. Nous ne concevons pas cette "nouvelle" aide à la décision comme permettant d'apporter une "réponse scientifique" à des "problèmes de société". Y recourir ne comporte d'ailleurs pas que des avantages. On peut notamment lui reprocher de procéder d'un schéma trop analytique pour pouvoir éclairer des grandes décisions stratégiques (cf. Roy et Bouyssou (1988)). Quitter le domaine des "problèmes mathématiquement bien posés", c'est aussi, souvent, prêter le flanc à des critiques ayant pour thème la "manipulation", le "manque d'objectivité", la "pseudo-scientificité", etc. De fait,

¹ Notons par exemple que recourir à une modélisation multicritère permet d'éviter d'éliminer arbitrairement des solutions possibles comme c'est, par exemple, le cas dans un modèle monocritère où certaines contraintes jouent le rôle d'objectifs déguisés.

il y a certainement, à la base d'une "bonne" aide multicritère à la décision, une part importante d'"art de la mise en oeuvre" et d'"honnêteté intellectuelle" qui ne se laisse que difficilement enfermer dans le cadre d'un travail académique.

C'est dans le cadre que nous venons d'évoquer brièvement qu'ont été conduits les travaux que nous allons maintenant présenter.

3. Présentation des travaux.

On a montré au 2.1 la diversité des objectifs que l'on peut assigner à un travail de recherche en aide à la décision et des moyens à mettre en oeuvre pour les réaliser. Nos travaux sont effectivement de natures diverses. Nous avons choisi de les présenter en les regroupant autour de cinq thèmes qui structurent cette partie en autant de sections :

- une réflexion conceptuelle sur l'aide à la décision,
- une analyse détaillée de divers modèles d'aide à la décision,
- une réflexion sur la notion de critère,
- une réflexion sur la notion de famille de critères et de procédure d'agrégation,
- une analyse théorique générale de modèles d'agrégation.

Malgré cette diversité, nous espérons cependant montrer l'unité de ces travaux. C'est la réflexion conceptuelle présentée dans la première section qui fournit les éléments nécessaires à l'analyse de divers modèles que nous abordons ensuite. Les résultats de cette analyse font ressortir toute la diversité de ces modèles et, donc, la nécessité d'élaborer, pour les appréhender, un cadre théorique rigoureux qui fait l'objet des trois dernières sections de cette partie.

3.1. Démarches descriptives et constructives d'aide à la décision.

Dans [2] et [Th, chap. 4], nous comparons deux modèles d'aide à la décision : un modèle fondé sur la théorie de l'utilité multiattribut (cf. Keeney et Raiffa (1976)) et un modèle de l'"école française", ELECTRE III (cf. Roy (1978)). Conformément à ce qui a été dit au 2.1, cette analyse comparative ne vise pas à déterminer le "meilleur" des deux modèles. Afin de mieux comprendre ce qui les différencie, nous nous étions fixé trois objectifs :

- mettre en évidence les différences que l'un et l'autre induisent quant à la manière de questionner la réalité et d'élaborer des "données",

- comprendre ce que l'un et l'autre ont d'arbitraire, de fragile, de réaliste, de robuste,
- comprendre en quoi l'un et l'autre peuvent conduire à des prescriptions convergentes ou divergentes.

Cette analyse comparative se fonde sur une étude réelle, utilisant la théorie de l'utilité multiattribut, menée par Keeney et Nair (1977), concernant le choix d'un site pour l'implantation d'une centrale nucléaire sur la côte Nord-Ouest des Etats-Unis. Pour tenter d'atteindre les trois objectifs qui viennent d'être mentionnés, nous avons cherché à réaliser, en laboratoire, le travail qui aurait été fait si l'on avait eu recours à un autre modèle d'aide à la décision : ELECTRE III.

Pour parvenir à des conclusions de cette analyse comparative, nous avons été conduit à distinguer deux démarches extrêmes en aide à la décision :

- Une démarche *descriptive* dans laquelle le modèle d'aide à la décision est élaboré en faisant l'hypothèse qu'il existe, dans l'esprit des intervenants pour qui s'exerce l'aide, un système de préférences qu'il s'agit d'appréhender de la manière la plus fidèle possible, sans le perturber. C'est cette description d'un système de préférences, souvent réalisée au moyen d'une représentation numérique, qui conduit alors à l'établissement d'une prescription. Ce système de préférences peut n'exister qu'à l'état latent. On suppose néanmoins dans cette démarche que, par application d'un certain nombre de principes de rationalité véhiculés par le modèle, la description du système de valeurs des intervenants permet d'inférer sans ambiguïté¹ la façon dont deux actions quelconques se comparent en termes de préférence.
- Une démarche *constructive* dans laquelle on considère que les préférences des intervenants sont souvent conflictuelles, peu structurées, appelées à évoluer au sein du processus de décision et influencées du fait même de la mise en

¹ C'est dire que l'on suppose généralement que le système de préférences qu'il s'agit de décrire possède de "bonnes propriétés".

oeuvre du modèle. Le modèle d'aide à la décision est alors élaboré en cherchant à tirer parti de ce qui semble être la partie stable de la perception du problème qu'ont ces acteurs. Sur cette base, le modèle vise à leur fournir des concepts, des modes de représentation et de raisonnement leur permettant d'enrichir leur perception. C'est à la suite de ce travail qu'est conçue la prescription. Cette démarche ne vise pas à toujours élaborer un système de préférences au sein duquel on puisse comparer deux actions sans ambiguïté. Les modèles qui en découlent tolèrent les hésitations et les incomparabilités.

Cette distinction fournit le plan de [Th] et nous l'utilisons dans un grand nombre de nos travaux. En dépit de son caractère schématique (elle ne vise qu'à caractériser deux positions extrêmes), elle permet, à notre sens, d'éclairer un grand nombre de questions, en particulier :

- la façon de percevoir la réalité et de s'y référer en aide à la décision,
- la question de la "neutralité" de l'homme d'étude,
- le rôle et la portée de l'"axiomatique" en aide à la décision,
- la question du "test" d'hypothèses de rationalité et des "biais" par rapport à celles-ci, etc.

Cette grille d'analyse a été reprise par d'autres auteurs et s'est, en particulier, révélée féconde pour l'analyse du domaine des "méthodes interactives" (cf. Vanderpooten (1989) et Vanderpooten et Vincke (1989)).

3.2. Analyse de modèles d'aide à la décision.

La réflexion conceptuelle que nous venons d'évoquer nous a conduit à tenter d'analyser sous un jour nouveau deux types de modèles d'aide à la décision. Nous avons cherché à adopter un "point de vue" constructif sur des modèles habituellement perçus de manière descriptive et vice versa.

3.2.1. Théorie de l'utilité espérée.

Sous le nom de "Decision Analysis" s'est développé, à partir des années 1960, un ensemble de modèles d'aide à la décision en présence de risque et/ou d'incertitude. Ces modèles ont longtemps régné sans partage sur ce domaine du fait de la légitimité que leur conféraient, apparemment, les développements axiomatiques issus de l'ouvrage de von Neumann et Morgenstern (1947), c'est-à-dire la "théorie de l'utilité espérée". Depuis quelques années, on assiste à une remise en cause profonde de cette théorie, tant en ce qui concerne ses possibilités de décrire le comportement observé en laboratoire d'un grand nombre d'individus (cf., entre autres, les résultats des expériences présentés et commentés dans les recueils de Allais et Hagen (1979), Stigum et Wenstøp (1983), Hagen et Wenstøp (1984) et Munier (1988), l'article classique de Kahneman et Tversky (1979) et la synthèse de Jaffray (1989)) que son attrait normatif (cf., sur un plan théorique, Allais (1953, 1979, 1986), Dekel (1986), Fishburn (1982, 1983, 1988), Jaffray (1988), Machina (1982, 1988), Quiggin (1982), Schmeidler (1984) ou Yaari (1987)¹ ou les synthèses de Munier (1989a, 1989b).

Dans [5] et [Th, chap. 2], à la suite de certains auteurs (cf. par exemple McCord et de Neufville (1983)), nous avons tenté d'analyser en détail l'intérêt de ces modèles en matière d'aide à la décision².

Nous avons montré, en particulier, que la théorie de l'utilité espérée ne conférait de légitimité particulière à la "Decision Analysis" que dans le cadre d'une démarche purement descriptive. Adopter un telle démarche pour mettre en oeuvre ces modèles revient à supposer que :

¹ On mesure mieux la portée des changements qui se sont opérés dans le domaine si l'on se souvient que la revue *Econometrica* n'avait publié l'article de M. Allais en 1953 que précédé d'une note des éditeurs "dégageant leur responsabilité". Les articles de Machina et de Yaari ont également été publiés dans *Econometrica*, sans note.

² De nombreux travaux ont été réalisés depuis sur le sujet. Citons entre autres ceux de Johnson et Schkade (1989), Loomes (1988), McCord et de Neufville (1986), McCord et Leotsarakos (1988).

- il existe des "attitudes de base" du décideur vis-à-vis du problème qu'il est possible de cerner au travers d'une comparaison d'actions idéales¹ simples,
- ces attitudes de base sont conformes aux axiomes de la théorie de l'utilité espérée, suffisamment "riches" pour pouvoir servir de fondement à la comparaison d'actions complexes et suffisamment stables pour pouvoir être appréhendées, sans les perturber, de façon opérationnelle,
- l'extrapolation de ces attitudes de base à des actions réelles fournit une base adéquate à la prescription.

Une analyse détaillée du fonctionnement de ces modèles (en particulier, du processus d'"encodage" des fonctions d'utilité) et de très nombreuses études expérimentales en laboratoire nous a permis de montrer qu'adopter une telle démarche est rarement possible en pratique. Ces modèles, qui n'ont de légitimité particulière que dans le cadre d'une démarche descriptive, sont, en fait, souvent utilisés de manière constructive. Dans cette optique, ils proposent un certain nombre de concepts très riches : arbres de décision, probabilités subjectives, rôle et valeur de l'information, goût et aversion pour le risque, etc. mais ils ne peuvent plus être considérés comme les seuls envisageables.

Dans [6] puis, de façon plus détaillée, dans [12], nous abordons, après l'avoir esquissé de manière très imparfaite dans [Th, chap. 2], un problème technique concernant ces modèles. On y montre sous quelles conditions une fonction d'utilité au sens de von Neumann et Morgenstern et une fonction de valeur mesurant les différences de préférence sont identiques², en utilisant une condition très simple, mais néanmoins exigeante, liant les loteries 50-50 aux différences de préférence (cette condition s'exprimant sous deux formes différentes suivant le contexte, cf. [6, théorèmes 1 et 2]). Ces résultats sont étendus et commentés longuement dans [12]. En analysant ce problème sous un angle axiomatique, nous espérons mettre un terme à une très longue controverse (cf. Allais (1953, 1979, 1985)) portant sur l'interprétation des fonctions d'utilité de

¹ Sur ces notions d'actions idéales, réelles ou réalistes voir [Th, chap. 2] ou Roy (1985).

² à une transformation linéaire positive près.

von Neumann et Morgenstern (sur l'enjeu et l'historique de cette controverse, nous renvoyons à [12]). Les résultats présentés ont, de plus, des applications potentielles prometteuses en aide à la décision et permettent d'éclairer d'un jour nouveau un certain nombre d'études expérimentales ayant été conduites sur ce sujet.

3.2.2. Méthodes de surclassement.

B. Roy a proposé de nombreuses méthodes (les méthodes ELECTRE) visant à agréger l'information contenue dans un tableau de performances pour parvenir à une (ou plusieurs) relation(s) de surclassement au niveau global. Ces méthodes utilisent, pour la plupart, les concepts de "concordance" et de "discordance" (cf. Roy (1968, 1971, 1978), Roy et Bertier (1973), Skalka *et al.* (1983)). Ces concepts sont fondés sur une idée relativement naturelle de "majorité qualifiée" d'une part et de "préservation des droits de la minorité" d'autre part. Ils conduisent à considérer qu'une action a est au moins aussi bonne qu'une action b si une majorité "suffisante" de critères appuie cette proposition, sans que l'opposition des critères de la minorité soit "trop forte".

Dans [Th, chap. 3.C.] et [3], nous avons tenté une analyse de type axiomatique de ces concepts. On y montre les liens existant entre le concept de concordance et ce que nous avons appelé les "structures de préférences non compensatoires" (cf. [3, définition 3.1]). Au sein de ces structures, la relation de préférence liant deux actions est uniquement déterminée par les coalitions de critères faisant apparaître des écarts favorables ou défavorables sans tenir compte de l'"importance" de ces écarts. Ceci nous a conduit à proposer un ensemble de résultats fournissant les conditions nécessaires et suffisantes pour obtenir des "poids" et les combiner de façon très semblable à ce qui est fait dans les méthodes évoquées plus haut¹ (cf. [3, théorème 3.2]). En généralisant la notion de non compensation, on a montré qu'il était possible de caractériser axiomati-

¹ En reprenant les mêmes idées, il est, bien sûr, possible d'axiomatiser d'autres tests de concordance, par exemple celui d'ELECTRE I ou encore le second test d'ELECTRE II.

quement le concept de discordance et d'arriver à une représentation numérique faisant apparaître des seuils de veto comme cela est fait dans les méthodes ELECTRE (cf. [3, section 4]).

Cette analyse théorique, qui ne visait pas à donner une légitimité axiomatique à ces méthodes dont l'intérêt se situe avant tout dans le cadre d'une démarche constructive, a permis :

- de mieux comprendre en quoi la convention "non compensatoire" à la base de ces méthodes les différenciait radicalement des modèles d'agrégation les plus courants,
- d'éclairer sous un jour nouveau le problème de la transitivité des relations de surclassement obtenues par application d'un principe de concordance-discordance¹ et
- de préciser la notion de "poids" utilisée dans ces méthodes et d'en discuter l'unicité² dans un cadre rigoureux.

En utilisant les acquis de cette recherche, Vansnick (1986) a mis au point et expérimenté une nouvelle méthode d'aide à la décision (TACTIC) utilisant de façon originale les concepts de concordance et de discordance.

La définition des systèmes de préférences non compensatoires est généralisée³ et commentée en détail dans [1]. On y discute également de l'intérêt d'utiliser en aide à la décision des modèles "plus ou moins" compensatoires.

¹ voir en particulier [3, théorème 3.1] et Bouyssou (1989b).

² C'est-à-dire de caractériser l'ensemble des jeux de poids conduisant à une même relation de surclassement. Pour ce type de méthode, cet ensemble de jeux de poids a une structure complexe qui a reçu le nom de "structure métrique ordonnée" dans la littérature (cf. Krantz *et al.* (1971)).

³ de façon à distinguer clairement l'indifférence de l'incomparabilité.

3.3. Problèmes de construction de critères.

Notre travail sur ce thème vise à fournir des éléments de réponse à un certain nombre de questions qui nous semblent à la base de toute démarche d'aide multicritère à la décision : qu'est-ce qu'un critère ? quelles doivent en être les propriétés pour qu'il soit utile en aide à la décision ? comment construire des critères ?

Dans [8] on s'interroge sur la façon de construire un critère, c'est-à-dire de résumer des évaluations, souvent imprécises, incertaines et/ou mal déterminées, sur des conséquences se rattachant à un même axe de signification par un nombre unique. On y présente, à partir d'un exemple, diverses techniques simples de construction de critères utilisables en pratique.

Pour que les comparaisons effectuées sur la base de ces nombres soient probantes (et, donc, pour que le tableau de performances puisse jouer son rôle), on a analysé dans [4] et dans [Th, chap. 3.D.] l'intérêt de munir chaque critère de deux "seuils de discrimination" autorisant une modélisation des préférences très souple le long de chaque axe de signification. Ceux-ci permettent de ne pas accorder une précision illusoire à des évaluations résultant d'un processus de modélisation complexe (faisant, en particulier, intervenir des techniques de ponctualisation et/ou de sous-agrégation) pour chercher à cerner quelque chose qui n'est, souvent, que très imparfaitement défini, dans le but de comparer des actions qui sont encore à l'état de projets. On y discute longuement de l'interprétation à donner à ces seuils et des situations préférentielles qu'ils visent à cerner de façon probante. On présente, de plus, quelques techniques permettant, en pratique, de leur donner un ordre de grandeur.

Dans [7] on analyse en détail l'argument présenté au 2.2 b) en faveur d'une approche multicritère de l'aide à la décision. On y discute des principales sources d'incertitude, d'imprécision et de mauvaise détermination dans une étude d'aide à la décision. Construire plusieurs critères permet de gérer séparément certains de ces phénomènes au niveau de chaque axe de signification avant l'application

de toute procédure d'agrégation. Par rapport à ce qui est fait dans une approche monocritère, on montre qu'une telle démarche peut présenter de nombreux avantages.

Construire un critère, c'est modéliser des préférences restreintes à un axe de signification. Ceci implique donc inévitablement de faire l'"hypothèse"¹ d'une certaine forme d'"indépendance préférentielle". Cette "hypothèse" est longuement analysée dans [9] sous le nom d'"isolabilité".

3.4. Familles de critères et procédures d'agrégation.

Le problème de la construction des critères évoqué à la section précédente ne constitue qu'une première étape dans une démarche d'aide multicritère à la décision. Une fois le tableau de performances modélisé, il convient de se demander si celui-ci se prête bien au rôle de base de discussion qu'il est censé jouer. C'est la raison d'être de la notion de famille cohérente de critères présentée et analysée dans [9]. B. Roy a proposé un système de trois axiomes (exhaustivité, cohésion et non redondance) pour fonder cette "cohérence". Ces axiomes permettent de mettre en oeuvre un certain nombre de tests² opérationnels destinés à vérifier si la famille de critères répond bien à ce que l'on en attend. Ces axiomes imposent que :

- l'on n'ait pas "oublié" de critères en ce sens que deux actions ayant les mêmes performances sur tous les critères de la famille doivent être jugées indifférentes,
- il existe une certaine cohérence entre les préférences sur chaque axe de signification et les préférences globales : une détérioration d'une évaluation sur un critère ne doit pas se traduire par une "amélioration" au niveau global,

¹ La présence des guillemets traduisant le fait que cette hypothèse n'est pas toujours susceptible de tests, au sens usuel du mot. Cette hypothèse est parfois introduite de façon volontariste.

² Notons que ces tests, qui portent sur des situations extrêmement simples, ont été conçus pour garder une valeur, même dans le cadre d'une démarche purement constructive.

- la famille de critères soit minimale.

Ces trois axiomes ne sont pas les seuls envisageables. Ils nous paraissent cependant constituer, globalement, un ensemble minimum d'exigences sans lequel il semble difficile que le tableau de performances puisse jouer son rôle.

Un sujet connexe est abordé dans [1] avec un objectif tout à fait différent. On y caractérise les relations de préférence globale (sur un ensemble d'actions évaluées sur plusieurs critères) étant susceptibles d'avoir été obtenues par application d'une méthode d'agrégation. Cette caractérisation utilise des conditions très proches des trois axiomes définissant une famille cohérente de critères.

Dans [9] on s'interroge également sur les propriétés d'"indépendance" qui sous-tendent la possibilité de raisonner "toute choses égales par ailleurs" sur des sous-groupes de critères. Cette question est importante dans une approche multicritère. En effet, travailler avec une famille de critères dans laquelle cette possibilité ne paraît pas pouvoir être acceptée comme base de travail, c'est généralement s'exposer à de très sérieuses difficultés pour modéliser des préférences globales.

Si l'on souhaite aller au-delà du niveau de modélisation que constitue le tableau de performances et bâtir (ou décrire) une relation de préférence globale, il faut prendre position sur la manière dont on va déterminer la résultante des conflits opposant les critères dans la comparaison des actions. Ces questions font l'objet de [10] où l'on donne un cadre général permettant de raisonner l'établissement d'une relation de préférence au travers de la notion de "Procédure d'Agrégation MultiCritère" (PAMC), que l'on illustre au travers d'exemples simples. On montre la nécessité de recourir à des "informations inter-critères" extérieures au tableau de performances pour mettre en oeuvre une PAMC. Chaque PAMC amène à modéliser ces informations d'une façon qui lui est propre. On insiste, en particulier, sur les diverses manières de modéliser la notion, complexe, ambiguë et pourtant fondamentale, d'"importance relative" des critères.

C'est dans ce cadre que l'on présente dans [11] les PAMC conduisant à l'établissement d'un critère unique synthétisant l'information contenue dans un tableau de performances. Ces PAMC se différencient par la manière d'agréger les différents critères (agrégation additive, multiplicative, etc.) ainsi que par les propriétés qu'elles cherchent à conférer au critère unique de synthèse (modélisation de préférences globales, d'écarts de préférence ou encore de préférences pour des distributions de probabilités). Elles ont fait l'objet de nombreux travaux de nature axiomatique. Sans négliger cet aspect, on s'est également attaché dans [11] à analyser la façon de les mettre en oeuvre et les problèmes que leur utilisation peut soulever.

3.5. Vers une théorie générale des procédures d'agrégation multicritère.

Dans [1], on s'est proposé, à la suite de Jacquet-Lagrèze (1982) mais sous un angle plus axiomatique, de fournir un cadre général d'analyse des PAMC. Ce travail est fondé sur une constatation simple. On peut reformuler la plupart des PAMC en montrant qu'elles reviennent à "peser le pour et le contre" par paire d'actions pour établir une relation de préférence globale. Ceci revient à dire que l'on considère une action a comme au moins aussi bonne qu'une action b (ce que l'on note $a S b$) dès lors que le "poids" des arguments appuyant cette proposition est supérieur au "poids" des arguments s'y opposant. De façon symbolique on a :

$$a S b \quad \text{si} \quad \text{Pour}[a S b] \geq \text{Contre}[a S b],$$

les différences entre les diverses PAMC résidant dans la façon dont elles évaluent le pour et le contre. On peut cependant montrer que la plupart d'entre elles utilisent pour cela un schéma additif par rapport aux différents critères. Ceci nous a conduit à proposer un modèle général d'agrégation du type :

$$a S b \quad \text{si} \quad \sum_{i=1}^n p_i (a_i, b_i) \geq 0$$

(où a_i et b_i représentent respectivement les évaluations des actions a et b sur le critère i) auquel on adjoint une condition supplémentaire liant $p_i(a_i, b_i) \geq 0$ et $p_i(b_i, a_i) \geq 0$ permettant une interprétation simple de ce modèle en termes de "pour et de contre". On montre que la plupart des PAMC connues¹ peuvent s'interpréter comme des cas particuliers de ce modèle. Il présente en effet l'avantage de ne pas imposer de propriétés de transitivité particulières à S et d'admettre comme cas particulier aussi bien des procédures compensatoires que non compensatoires.

Dans le cas particulier où $n = 2$, on fournit une analyse axiomatique complète de ce modèle ainsi que de l'un de ses cas particuliers importants : le modèle de "différences additives" de Tversky (1969) (cf. [1, théorèmes 1, 1', 2, 2', 3]). En l'absence d'hypothèses de transitivité particulières, ce modèle se prête mal à une axiomatisation élégante dans le cas $n \geq 3$ en-dehors du cas discret où l'on sait que l'axiomatique est généralement lourde et peu éclairante. Cependant, cette analyse, en dehors de ses vertus unificatrices, a permis de faire ressortir dans les PAMC le rôle crucial de certaines propriétés (propriétés dites de "triple annulation", d'"annulation faible") à la base du caractère additif de l'agrégation en termes de pour et de contre. L'analyse de ces modèles a récemment été reprise et développée par Fishburn (1989).

¹ du moins celle conduisant à une relation de surclassement non valuée (souvent appelées relations "triviales" ou "nettes").

4. Conclusion

Nous concluons ce mémoire en indiquant quels seront, à court terme, nos axes de recherche sur ce thème, en-dehors des pistes précises déjà évoquées en conclusion des documents présentés.

Les documents [9], [10] et [11] constituent trois chapitres d'un ouvrage en préparation¹ avec B. Roy. Celui-ci vise à donner une vision unifiée et cohérente du domaine abordé dans ce mémoire. La suite de cet ouvrage comprendra une analyse détaillée de diverses PAMC regroupées selon trois approches opérationnelles ainsi que des cas concrets d'application.

La recherche présentée ici n'aborde pas ce qui est "logiquement" le dernier stade d'une étude d'aide à la décision : l'exploitation d'une relation de préférence globale (obtenue à l'aide d'une procédure d'agrégation multicritère) pour parvenir à une prescription. Dès lors que la relation obtenue ne possède pas de "bonnes propriétés" de complétude et/ou de transitivité, on voit qu'il y a là un champ de recherche important auquel nous consacrerons nos efforts. Cet axe de recherche comporte de nombreux points communs avec certains aspects de la théorie du "choix social" en économie, les procédures majoritaires conduisant, elles aussi, à des relations de préférence collective n'ayant pas toujours de bonnes propriétés. Nos travaux sur ce point sont en cours (cf. Bouyssou (1989a) et (1989b)).

Nous avons déjà mentionné que le domaine de la "décision dans le risque et l'incertitude" avait connu récemment de profonds bouleversements. Nous croyons qu'ils ne s'arrêteront pas là et nous comptons poursuivre nos recherches dans ce domaine, tant d'un point de vue théorique et expérimental que pour ce qui concerne directement l'aide à la décision.

Dans la conclusion de [Th], nous mentionnions que, dans une optique constructive, une voie de recherche essentielle concernait tout ce qui touchait

¹ Voir aussi Roy et Bouyssou (1989a) et (1989b).

aux problèmes d'apprentissage. Dans le domaine des méthodes interactives, ce travail a été entrepris par Vanderpooten (1987). Nous croyons qu'il s'agit là d'un axe de recherche qui sera fort fructueux à l'avenir.

Enfin, la recherche en aide à la décision ne peut qu'être enrichie par une "recherche-action" impliquant la confrontation de ses outils et concepts à la réalité des processus de décision. Nous comptons poursuivre cette confrontation déjà entamée (cf. Rommel *et al.* (1989))

RÉFÉRENCES

- Ackoff R.L. (1979), The future of operational research is past, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 30, pp. 93-104.
- Achilles A., K.H. Elster et R. Nehse (1979), Bibliographie zur Vektoroptimierung (Theorie und Anwendungen), *Mathematische Operationsforschung und Statistik*, Vol. 10, pp. 277-321.
- Allais M. (1953), Le comportement de l'homme rationnel devant le risque, critique des postulats et axiomes de l'école américaine, *Econometrica*, Vol. 21, pp. 503-46.
- Allais M. (1979), *The so-called Allais paradox and rational decisions under uncertainty*, in Allais M. et Hagen O. (1979).
- Allais M. (1985), *Three theorems on the theory of cardinal utility and random choice*, Document de travail C4337.
- Allais M. (1986), *The general theory of random choices in relation to the invariant cardinal utility function and the specific probability function*, in Munier B. (1988).
- Allais M. et O. Hagen, Eds., (1979), *Expected utility hypotheses and the Allais paradox*, Theory and Decision Library, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Bouyssou D. (1989a), *Social Choice and MCDM*, Communication présentée à EURO X, Tenth European Congress on Operational Research, Belgrade, Yougoslavie, 27-30 juin.
- Bouyssou D. (1989b), *Théorie Normative du Choix Social et Multicritère*, Communication présentée aux trentièmes journées du Groupe de Travail Européen sur l'Aide Multicritère à la Décision, Fribourg, Suisse, 5-6 octobre.
- Dekel E. (1986), An axiomatic characterization of preferences under uncertainty: weakening the independence axiom, *Journal of Economic Theory*, Vol. 40, pp. 304-318.
- Despontin M., J. Moscarola et J. Spronk (1983), A user-oriented listing of multiple criteria decision methods, *Revue Belge de Statistique, d'Informatique et de Recherche Opérationnelle*, Vol. 23, pp. 1-110.
- Fishburn P.C. (1982), Nontransitive measurable utility, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 26, pp. 31-67.
- Fishburn P.C. (1983), Transitive measurable utility, *Journal of Economic Theory*, Vol. 31, pp. 293-317.
- Fishburn P.C. (1988), *Nonlinear preference and utility theory*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Fishburn P.C. (1989), *Nontransitive additive conjoint measurement*, Document de travail, ATT Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey, USA.
- GRETU (1980), *Une étude économique a montré... mythes et réalités des études de transport*, Cujas, Paris.
- Hagen O. et F. Wenstøp, Eds., (1984), *Progress in utility and risk theory*, Theory and Decision Library, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Jacquet-Lagrèze E. (1982), Binary preference indices: a new look on multicriteria aggregation procedures, *European Journal of Operational Research*, Vol. 10, pp. 25-32.

- Jaffray J.Y. (1988), Choice under risk and the security factor: an axiomatic model, *Theory and Decision*, Vol. 24, pp. 169-200.
- Jaffray J.Y. (1989), Some experimental findings on decision making under risk and their implications, *European Journal of Operational Research*, Vol. 38, pp. 301-306.
- Johnson E.J. et D.A. Schkade (1989), Bias in utility assessments: further evidence and explanations, *Management Science*, Vol. 35, pp. 406-424.
- Kahneman D. et A. Tversky (1979), Prospect theory: an analysis of decision under risk, *Econometrica*, Vol. 47, pp. 263-291.
- Keeney R.L. et K. Nair (1977), Selecting nuclear power plant sites on the Pacific Northwest using decision analysis, in Bell D.E, Keeney R.L. et Raiffa H. (Eds.), *Conflicting objectives in decision*, Wiley, New-york.
- Keeney R.L. et H. Raiffa (1976), *Decisions with multiple objectives, Preferences and value tradeoffs*, Wiley, New-york.
- Krantz D.H., R.D. Luce, P. Suppes et A. Tversky (1971), *Foundations of measurement*, Vol. I, Academic Press, New-York.
- Loomes G. (1988), Different experimental procedures for obtaining valuations of risky actions: implications for utility theory, *Theory and Decision*, Vol. 25, pp. 1-23.
- Machina M.J. (1982), Expected utility without the independence axiom, *Econometrica*, Vol. 50, pp. 277-323.
- Machina M.J. (1988), *Dynamic consistency and non-expected utility models of choice under uncertainty*, Discussion Paper 88-49, University of California at san Diego.
- McCord M. et Ch. Leotsarakos (1988), *Investigating utility and value functions with an "assessment cube"*, in B. Munier (1988).
- McCord M. et R. de Neufville (1986), Lottery equivalents: reduction of the certainty effect problem in utility assessment, *Management Science*, Vol. 32, pp. 56-60.
- Le Moigne J.L. (1986), Les sciences de la décision : sciences d'analyse ou sciences de génie ? Interprétations épistémologiques, in Nadeau R. et Landry M. (Eds.) *L'aide à la décision - Nature, instruments et perspectives d'avenir*, Les Presses de l'Université Laval, Québec, Canada.
- Moisdon J.C. (1977), La théorie de la décision en quête d'une pratique, *Annales des Mines*, avril, pp. 55-82.
- Moisdon J.C. (1986), Faut-il croire encore en la recherche opérationnelle ?, *AFCET/INTERFACES*, n°44, pp. 4-10.
- Moscarola J. (1977), *Aide à la décision en présence de critères multiples fondée sur une procédure trichotomique - Méthodologie et application*, Thèse de troisième cycle, Université de Paris-Dauphine.
- Munier B., Ed., (1988), *Risk, Decision and rationality*, Theory and Decision Library, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Munier B. (1989a), New models of decisions under uncertainty, *European Journal of Operational Research*, Vol. 38, pp. 307-317.
- Munier B. (1989b), Calcul économique et révision de la théorie de la décision en avenir risqué, *Revue d'économie Politique*, Vol. 99, pp. 276-306.

- von Neumann J. et O. Morgenstern (1947), *Theory of games and economic behaviour*, 2nd edition, Princeton University Press, Princeton.
- Quiggin J. (1982), A theory of anticipated utility, *Journal of Economic Behaviour and Organization*, Vol. 3, pp. 323-343.
- Rommel Y., D. Bouyssou et R. McGilchrist (1989), *Planning rehabilitation works on a sewer network*, Document de travail, Université de Paris-Dauphine.
- Roy B. (1968), Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE), *RIRO*, 2e année, pp. 57-75.
- Roy B. (1971), Problems and methods with multiple objective functions, *Mathematical Programming*, Vol. 1, pp. 239-266.
- Roy B. (1978), ELECTRE III : un algorithme de classement fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples, *Cahiers du CERO*, Vol. 20, pp. 3-24.
- Roy B. (1981), The optimisation problem formulation: criticism and overstepping, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 32, pp. 427-36.
- Roy B. (1985), *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris.
- Roy B. (1988a), Main sources of inaccurate determination, uncertainty and imprecision in decision models, in B. Munier and M.K. Shakun (Eds.), *Compromise, negotiation and group decision*, pp. 43-62, Theory and Decision Library, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Roy B. (1988b), Des critères multiples en recherche opérationnelle : pourquoi ?, in G.K. Rand (Ed.), *Operational Research '87*, pp. 829-842, North-Holland, Amsterdam.
- Roy B. et P. Bertier (1973), La méthode ELECTRE II : une application au media-planning, in Ross M. (Ed.) *OR'72*, North-Holland, Amsterdam.
- Roy B. et D. Bouyssou (1988), Aide à la décision, *AFCET/INTERFACES*, n° 65, pp. 4-13.
- Roy B. et Bouyssou D. (1989a), *Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas*, ouvrage en préparation, Chapitre 5, document de travail, Université de Paris-Dauphine.
- Roy B. et Bouyssou D. (1989b), *Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas*, ouvrage en préparation, Chapitre 7, document de travail, Université de Paris-Dauphine.
- Schärlig A. (1985), *Décider sur plusieurs critères - Panorama de l'aide à la décision multicritère*, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne.
- Schmeidler D. (1984), *Subjective probability and expected utility without additivity*, IMA preprint series, University of Minnesota.
- Siskos J., H.M. Winkels et G. Wäscher (1983), *A bibliography on outranking approaches (1966-1982)*, Cahier du LAMSADE n° 45, Université de Paris-Dauphine.
- Skalka J.M., D. Bouyssou et Y.A. Bernabeu (1983), *ELECTRE III et IV, Aspects méthodologiques et guide d'utilisation*, Document du LAMSADE n° 25, Université de Paris-Dauphine.
- Steuer R.E. (1987), Reforms called for at Management Science and Operations Research, *MCDM Worldscan*, Vol. 1, p. 5.
- Stigum B.P. et F. Wenstøp, Eds., (1983), *Foundations of utility and risk theory with applications*, Theory and Decision Library, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Tversky A. (1969), Intransitivity of preferences, *Psychological Review*, Vol. 76, pp. 31-48.

- Vanderpooten D. (1987), *Une procédure multicritère interactive par apprentissage localement dirigé*, Communication aux vingt sixièmes journées du Groupe de Travail Européen sur l'Aide à la Décision Multicritère, Turin, 1-2 octobre 1987.
- Vanderpooten D. (1989), The interactive approach in MCDA: a technical framework and some basic conceptions, *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 12, pp. 1213-1220.
- Vanderpooten D. et Ph. Vincke (1989), Description and analysis of some representative interactive multicriteria procedures, *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 12, pp. 1221-1238.
- Vansnick J.C. (1986), On the problem of weights in multiple criteria decision-making (the noncompensatory approach), *European Journal of Operational Research*, Vol. 24, pp. 288-94.
- Vincke Ph. (1989), *L'Aide Multicritère à la Décision*, Editions de l'Université de Bruxelles-Editions Ellipses, Bruxelles.
- Yaari M.E. (1987), The dual theory of choice under risk, *Econometrica*, Vol. 55, pp. 95-115.
- Zeleny M. (1982), *Multiple criteria decision making*, McGraw-Hill, New-York.

Vu : le Président

M.....

Vu : les suffragants

MM.....

*Vu et permis d'imprimer,
Le président de l'Université de Paris IX Dauphine*

Méthodes d'aide multicritère à la décision

Fondements et mise en oeuvre

Résumé

Ce mémoire de synthèse vise à introduire un ensemble de treize travaux ayant pour thème l'aide multicritère à la décision.

Dans une première partie, on précise quelques unes des idées directrices qui ont guidé l'élaboration de ces travaux. On y insiste sur le rôle et la portée d'une recherche scientifique dans le domaine de l'aide à la décision. On montre également l'intérêt d'aider à la décision en utilisant des méthodes utilisant explicitement plusieurs critères.

Les travaux sont ensuite présentés dans une deuxième partie. Ils sont regroupés autour de cinq grands thèmes qui structurent cette présentation :

- une réflexion conceptuelle sur l'aide à la décision,
- une analyse détaillée de divers modèles d'aide à la décision (théorie de l'utilité espérée et méthodes utilisant la notion de surclassement),
- une réflexion sur la notion de critère,
- une réflexion sur la notion de famille de critères et de procédure d'agrégation,
- une analyse théorique générale des modèles d'agrégation de plusieurs critères.

Mots-clés : Aide à la décision, Méthodes multicritères, Théorie de l'utilité espérée, Méthodes de surclassement, Recherche opérationnelle.