

De la théorie de la décision à l'aide à la décision

Alexis Tsoukiàs

1 Introduction

Assez souvent, on me demande en quoi consiste mon travail et quand je réponds “Je m’occupe d’aide à la décision”, mes interlocuteurs restent habituellement perplexes. Dans la plupart des cas, une nouvelle question surgit: “Qui aidez-vous à décider?”

Et en effet, l’activité d’aide à la décision est une activité faite par tous presque chaque jour. Nous prenons des décisions sans arrêt. Des plus simples: “Je prends mon parapluie ou non?” ([POO 92]) aux plus complexes “Comment appliquer l’accord sur le désarmement?” ([JOU 98]). À tous les niveaux: individuel (“Je divorce?” [WAT 83]), organisationnel (“comment gérer les roulements du personnel?” [CAP 98]), inter-organisationnel (“Par où faire passer l’autoroute?” [OST 93]). Assez souvent, dans ces processus de décision nous demandons l’avis, l’aide, le support d’ami(e)s, d’experts, de sociétés de conseil, etc. Nous pouvons nous poser les questions suivantes: est-ce que qu’on peut concevoir une aide à la décision indépendante du domaine, adaptable à toutes situations? Existe-il un expert en aide à la décision qui ne soit pas expert d’un domaine? Quelle est la différence entre un expert de ce type et un psychologue, un médecin, un avocat, un expert en productique ou encore votre ami(e) de cœur?

Ce qui caractérise l’aide à la décision à la fois comme activité scientifique et comme activité professionnelle est son approche que nous allons qualifier de “formelle” et “abstraite”. Par le terme “formelle” nous entendons l’utilisation de langages formels, langages qui font l’effort de réduire l’ambiguïté présente dans la communication humaine. Par le terme “abstraite” nous entendons l’utilisation de langages indépendants du domaine de discours. Nous allons voir qu’une telle approche formelle et abstraite correspond à l’adoption d’un modèle de “rationalité”, un concept-clé en aide à la décision. Ce type d’aide à la décision a-t-il du sens partout et toujours? Bien sûr que non! L’utilisation d’une approche formelle et abstraite présente plusieurs désavantages:

- elle est beaucoup moins efficace si on la compare à la puissance et à l’efficacité de la communication naturelle;
- elle a toujours un coût (pas toujours monétaire);

- la réduction de l'ambiguïté peut être indésirable;
- elle représente l'imposition d'un carcan à l'intuition et à la créativité de l'esprit humain.

Néanmoins cette approche présente aussi plusieurs avantages qui peuvent avoir leur importance dans certaines situations (voir [BOU 00]):

- elle permet à tous ceux qui participent au processus de décision de parler le même langage, ce qui, a priori, augmente la transparence du processus et la participation (pour un exemple voir [BAN 01]);
- elle permet d'identifier des structures sous-jacentes aux problèmes traités et permet donc éventuellement de réutiliser ces structures (pour des exemples voir un text classique de Recherche Opérationnelle comment le [VAL 00]);
- elle évite les biais du raisonnement humain dus à la tradition et à la formation (pour des exemples, le lecteur verra [RIV 94]);
- elle évite les erreurs associées à l'utilisation informelle de méthodes formelles; un cas typique est l'utilisation de notes moyennes comme système d'évaluation scolaire et universel (voir [BOU 00, chapitre 3], pour une présentation critique du sujet).

Bref, une approche formelle et abstraite permet de mieux analyser, comprendre, expliquer, justifier un problème et/ou une solution. Par ailleurs, il faut signaler que dans toutes les organisations, entreprises, institutions ainsi que dans plusieurs situations de décision individuelle, nous utilisons des méthodes d'aide à la décision "formelles". La décision d'accepter un étudiant en thèse se base sur la moyenne de ses notes; le trafic automobile est interdit sur la base d'un indice de pollution de l'air; un crédit est refusé sur base d'un calcul de risque, etc. Des productions sont planifiées, des autoroutes tracées, des réseaux administrés en utilisant des méthodes "formelles" d'aide à la décision. En réalité, l'aide à la décision est présente un peu partout dans notre vie quotidienne. Nous ne la nommons pas toujours ainsi, mais à la base de tout ces exemples, il s'agit toujours de la même approche "formelle" et "abstraite". Par la suite, quand nous parlerons d'aide à la décision, ce sera toujours à cette approche formelle et abstraite que nous ferons référence.

Dans ce chapitre, nous donnerons d'abord un bref aperçu de l'évolution de ce domaine à la fois du point de vue professionnel et scientifique (section suivante). En section 3, nous présenterons les différentes approches d'aide à la décision développées en 60 ans d'existence du domaine: approches normatives, descriptives, prescriptives et constructives. Nous expliquerons les différences entre

ces approches sur la base de l'origine du "modèle de rationalité" utilisé dans l'aide à la décision. En section 4, à partir de notre positionnement dans le cadre d'une aide à la décision constructive, nous étudierons comment se structure un processus d'aide à la décision à travers la discussion des "produits" de ce processus: la représentation de la situation problématique, la formulation du problème, le modèle d'évaluation, la recommandation finale. Cette présentation nous permettra de nous démarquer d'autres situations décisionnelles comme la décision automatique.

Le message de base de ce texte est que l'aide à la décision est une activité humaine qui peut être sujet de recherche scientifique. Il y a différentes "théories de la décision" avec des caractéristiques différentes. Au même temps ont été développées des différentes "pratiques d'aide à la décision" soit comme validation d'hypothèses théoriques soit comme conséquence de l'expérience d'aide à des décideurs réels (individus ou organisations). Effectivement il n'y a pas de correspondances univoques entre théories et pratiques. L'idée soutenue dans ce chapitre est que ces théories et ces pratiques constituent une "méthodologie d'aide à la décision". Le lecteur fera attention au concept de méthodologie adopté ici: *raisonner sur des méthodes*. Dans notre domaine il y a plusieurs méthodes, mais pas encore une méthodologie affirmée pour pratiquer l'aide à la décision. La conclusion du chapitre contient des éléments en ce sens. À la fin du chapitre, nous présenterons une liste de références partielle, le domaine étant tellement vaste qu'une présentation complète de la littérature est impossible.

2 Un peu d'histoire

2.1 Genèse et Jeunesse

Nous pouvons dater "les origines" de l'aide à la décision à la période un peu antérieure à la deuxième guerre mondiale; elles se trouvent dans les études menées par l'armée britannique dans le cadre de l'installation des systèmes radar et les efforts de décodage du code secret des communications allemandes (1936-37). Le lecteur consultera à ce sujet [BOW 04] et [KIR 02]. On y trouve la première utilisation du terme "recherche opérationnelle" (de l'expression anglaise "operational research", pour les américains "operations research"). En réalité, les problèmes liés à la prise de décision par les personnes, les organisations, les institutions avaient déjà occupé les scientifiques et les gestionnaires à partir du XVIIIème siècle (voir [BER 54] sur la probabilité, [EUL 36] sur les problèmes combinatoires, [BOR 81], [CON 85] sur les procédures de décision collective) et au début du XXème siècle, ([PAR 06] sur les problèmes économiques à dimensions multiples, [FAY 49], [TAY 11] sur la gestion scientifique des entreprises, [DFN 36], [DFN 37], [KOL 33], [RAM 31] sur la théorie de la probabilité, [TUR 37] sur la

décidabilité). Dans ces contributions le concept de décision est central. Mentionnons par exemple que, tant Ramsey que de Finetti, pour démontrer leur thèse selon laquelle les probabilités n'existent qu'en termes de croyance subjective, utilisent ce qui, aujourd'hui, est connu comme comparaison de loteries et préférences équivalentes. *"If the option of α for certain is indifferent with that of β if p is true and γ if p is false, we can define the subject's degree of belief in p as the ratio of the difference between α and γ to that between β and γ . This amounts roughly to defining the degree of belief in p by the odds at which the subject could bet on p , the bet being conducted in terms of differences of values as defined"* ([RAM 31], p. 179-180).

En tout cas, c'est l'indéniable succès de la recherche opérationnelle à organiser les activités militaires des alliés qui accrédi-tera l'idée que la prise de décision est un phénomène qui peut être étudié de façon scientifique et que des modèles généraux sont concevables. Entre la fin des années '40 et le début des années '50, plusieurs contributions fondamentales vont voir le jour (voir [DAN 48], [KAN 39] pour la programmation linéaire, [NAS 50], [NAS 51], [VNM 44] pour la théorie de la décision et la théorie des jeux, [TUR 50] sur l'algorithmique et l'existence de machines capables de résoudre "tout problème"). C'est à cette époque que vont apparaître les premières sociétés savantes de recherche opérationnelle (en 1948 en Angleterre, en 1950 aux États Unis) et les premières revues du domaine ([BLA 50]). Toujours à cette époque, s'effectueront les premiers travaux d'application de la nouvelle discipline dans des cas pratiques (voir [DAN 51]) ainsi que l'apparition des premières sociétés privées spécialisées en "aide à la décision" (mais le terme n'est pas utilisé à l'époque). Le cas le plus célèbre est la société RAND dans laquelle la recherche opérationnelle se développera en science appliquée aux problèmes de la nouvelle industrialisation de l'après-guerre.

Ces premiers travaux et expériences sont caractérisés par la recherche de structures formelles sous-jacentes aux problèmes concrets et l'utilisation de la mathématique et de la logique comme langage de modélisation. Les premiers pas dans cette direction vont renforcer l'idée que des problèmes complexes de décision sont modélisables à travers l'imposition d'un modèle de rationalité simple (la maximisation d'une fonction d'utilité exprimant les préférences du décideur; l'optimisation de cette fonction apportant la solution du problème de décision). Les travaux de von Neumann et Morgenstern et de Nash montrent exactement sous quelles conditions ces fonctions et ces solutions existent. D'autre part, l'algorithme de programmation linéaire développé par Dantzig (la célèbre méthode du Simplexe) apportera les outils nécessaires pour la résolution de problèmes, même de grande taille. Turing, mais aussi Wiener ([WIE 48]) et Ashby ([ASH 56]), vont aller plus loin pour proposer une théorie de résolution générale des problèmes.

Néanmoins à cette même période commencent à apparaître des travaux qui critiquent cet édifice et son paradigme associé. En 1951, Arrow ([ARR 51]) publie son célèbre théorème d'impossibilité montrant que l'agrégation des préférences d'individus rationnels, sous des conditions réputées naturelles (universalité, indépendance, respect de l'unanimité, non existence de dictateur), est impossible (si le résultat doit continuer à être un ordre complet). Ce théorème, qui, d'une part, va conclure la discussion ouverte avec les contributions de Borda et Condorcet au XVIIIème siècle (au sens que nous savons maintenant qu'il n'y a pas des procédures d'agrégation des préférences universelle, voir [BOU 92], [VIN 82a], [VIN 82b]), va ouvrir la voie à une littérature immense sur la théorie du choix social (voir [KEL 78], [KEL 91], [NUR 87], [NUR 99], [SEN 70], [SEN 86], [TAY 95]).

En 1953, Allais ([ALL 53]) présente son célèbre paradoxe qui montre comment les axiomes, introduits par von Neumann et Morgenstern comme conditions nécessaires pour l'existence d'une fonction d'utilité (et implicitement pour exhiber un comportement rationnel), sont systématiquement violées par le comportement réel de décideurs confrontés à des choix très simples (voir aussi [COO 58], [MAY 54]). Cette falsification empirique de la théorie de l'utilité espérée ouvre une autre voie de recherche encore, à la rencontre des études des sciences cognitives (voir par exemple [ALL 79]).

En 1947 déjà, Simon ([SIM 47]) commence à observer les processus de décision dans les organisations et remarque que le comportement réel de décideurs est loin d'être représentable par les postulats de la théorie de la décision, au moins dans la forme qu'elle a à ce moment. Pendant les années '50, Simon ([SIM 54], [SIM 56], [SIM 57]) développera sa théorie de la "rationalité limitée" selon laquelle un décideur confronté à un problème de choix se comportera selon un critère de "satisfaction", au sens de choisir la première solution qui "satisfait" ces nécessités, et non pas selon un critère d'optimisation idéal, irréaliste et inutilisable. En effet Simon considère que la théorie de la décision fait trois hypothèses implicites (voir la présentation dans [MOS 84]):

- les décideurs connaissent bien leur problème;
- ce problème est toujours représentable comme un problème d'efficacité;
- l'information et les ressources nécessaires pour trouver une solution sont toujours disponibles.

Aucune de ces hypothèse n'est validée dans la vie réelle (selon Simon):

- les décideurs n'ont jamais une idée très claires de leur problème;
- souvent les problèmes de décision se présentent comme la recherche d'un compromis;

- la solution d'un problème est soumise à des contraintes temporelles et de ressources disponibles.

L'innovation introduite par Simon est capitale. Les approches de la théorie de la décision développées jusqu'à ce moment se basent sur l'hypothèse que le modèle de rationalité existe indépendamment du décideur et du processus de décision. Simon mettra au centre de sa réflexion le processus de décision (les activités mentales qu'un décideur doit effectuer pour prendre une décision) et postulera que le modèle de rationalité, il faut le chercher dans ce processus et pas à l'extérieur. Une hypothèse de "rationalité externe" est compatible avec un modèle d'optimisation – cela ne pose aucun problème –; il n'en va pas de même dans l'hypothèse d'un modèle défini de façon subjective.

Les travaux de Simon vont ouvrir plusieurs pistes de recherche orientées à la fois vers la création de nouvelles approches d'aide à la décision (voir par exemple [LEM 77]) et vers ce qui ensuite sera connu sous le nom d'"intelligence artificielle" (voir [SIM 69]). Il faut remarquer en particulier que l'idée de recherche d'une solution satisfaisante va trouver une correspondance immédiate dans le problème de trouver un compromis acceptable dans une décision en présence de critères multiples (voir [VIN 92]).

Entre la fin des années '50 et le début des années '70 vont apparaître toute une série de classiques de la nouvelle discipline, ouvrages sur lesquels plusieurs générations de chercheurs et de professionnels vont se former ([BRG 58], [CHA 61], [CHU 57], [COW 67], [DAN 63], [FAU 68], [FOF 62], [GAS 58], [HIL 67], [LUC 57], [VAJ 56]).

Les années '50 et '60 vont connaître la multiplication des recherches, des cours universitaires, des applications dans des domaines très différents. Les grands clients des études de recherche opérationnelle et d'aide à la décision sont les entreprises qui administrent des réseaux (distributeurs d'eau, télécommunications, chemins de fer, compagnies aériennes). Par ailleurs, de nombreuses entreprises spécialisées en aide à la décision vont apparaître (en France, signalons la création de la SEMA-METRA, la revue scientifique de cette société étant devenue une des plus importantes revues de la discipline). D'autre part, il ne faut pas oublier que ces années sont celles de la reconstruction après la guerre; elles vont voir la mise en mouvement de formidables ressources pour la résolution de problèmes formidables eux aussi. Sans surprise, c'est pendant cette période que commenceront à se développer les approches critique du paradigme dominant de la théorie de la décision (pour les premières discussions voir [ACK 62], [ADE 69], [CHU 67], [CRO 69], [KOO 56]). Ces critiques vont se développer dans plusieurs directions.

Au début des années '60 paraît le célèbre papier de Zadeh ([ZAD 65]) sur

les ensembles flous; celui-ci va introduire une nouvelle perspective dans le traitement de l'incertitude, de l'ambiguïté et des variables linguistiques. L'innovation de Zadeh aura un impact majeur dans le futur de la discipline parce qu'elle concerne une partie fondamentale du langage formel: la théorie des ensembles. L'extension du concept d'ensemble avec l'introduction du concept de "fonction d'appartenance", une "mesure" de l'appartenance d'un élément à un ensemble, va permettre d'augmenter l'expressivité et la flexibilité des langages formels et par conséquent des modèles d'aide à la décision.

Un autre domaine qui va apporter des contributions majeures au développement de la théorie de la décision et aux approches alternatives est celui des sciences cognitives et de la psychologie (voir [EDW 54], [FES 64], [LIC 71], [LIC 69], [SHE 64], [SLO 68]). L'intuition d'Allais dans les années '50 de valider expérimentalement les axiomes de la théorie de la décision a donné suite à plusieurs travaux dans la même lignée. Nous voulons signaler ici en particulier les travaux de Tversky (voir [TVE 67], [TVE 69], [TVE 77a]) qui vont mettre en évidence le fait que les idées intuitives sur les propriétés des relations de préférence sont plus une exigence de la théorie qu'un comportement des décideurs réels. Tversky démontrera que la relation de préférence peut bien exhiber des intransitivités ([TVE 69]) et que la relation d'indifférence (ou de similarité) peut bien ne pas être symétrique ([TVE 77a]).

Ces travaux mettent clairement en évidence la nécessité d'une étude plus approfondie des structures de base utilisées dans la construction des modèles d'aide à la décision, notamment les structures des relations de préférence ([DUS 41], [LUC 56], [SCO 58]) et les fonctions qui doivent "mesurer" la préférence (les fonctions de valeur ou d'utilité, voir [FIS 70], [KRA 71]). Pour voir du travail plus récent le lecteur consultera [FIS 85], [PIR 97], [ROB 79], [ROU 85] (voir encore la récente revue dans [OZT 05]).

Toujours dans le cadre de l'influence des études psychologiques il ne faut pas négliger l'apparition dans les années '60 du courant de la psychologie "relationnelle" fondée sur une approche définie par ces auteurs comme "constructive" (voir [BAT 72], [GOF 68], [WAT 67]). Dans cette approche sera mise en évidence l'importance de la formulation des problèmes et de la relation entre celui qui demande une aide et celui qui l'apporte (le patient et le thérapeute dans leur terminologie). Surtout cette approche mettra en évidence le fait que les problèmes ne sont pas les données d'un processus de décision: le processus pour définir et pour résoudre un problème est le même. Dans cette perspective, la solution est une construction et non pas le résultat d'une recherche dans un espace donné.

Restons encore aux années '60 et aux premières études organisationnelles concernant le comportement des décideurs et la structuration des processus de décision à l'intérieur des organisations complexes. C'est encore Simon qui va don-

ner une impulsion à la recherche dans cette direction (voir [CYE 63], [EMR 62], [MAR 58]). Ces recherches vont mettre en évidence que le comportement d'une organisation composée de décideurs rationnels ne correspond pas à la définition de rationalité formelle de la théorie de la décision (le lecteur trouvera une version extrême de ces approches dans [COH 72]: le célèbre modèle de l'organisation comme un bidon des poubelles ("garbage can"). Le problème déjà observé par Weber ([WEB 22]) dans les années '20 dans sa description des bureaucraties, est que les organisations permettent la co-existence de plusieurs formes de rationalité (voir [SIM 76]). Plus tard ces recherches seront condensées dans les travaux de Mintzberg (voir [MIN 79], [MIN 83], [MIN 76], mais aussi [MEL 78]).

Pendant les années '60 les concepts de décision, de préférence et de valeur vont intéresser les philosophes qui se poseront la question: est ce qu'il est possible définir le concept du "bien" de façon formelle? Von Wright ([VWR 63], voir aussi [HAL 57]) va présenter sa "Logic of Preference" dans laquelle la proposition " x est préféré à y " sera considérée comme vraie si tous les mondes où x est vrai sont préférés à tous les mondes où y est vrai. Ces travaux vont être repris dans [CHI 66a], [CHI 66b], [HAN 66a], [HAN 66b], [JEF 65] ainsi que par Rescher en [RES 67], [RES 69]. Von Wright continuera sur ses thèses ([VWR 72]), ainsi que Huber dans [HUB 74]. Sur ces bases se développera ce qu'aujourd'hui on nomme logique déontique (voir [HIP 71] et plus récemment [Å 86] et [NUT 97]; pour une vision critique voir [MUL 79]).

En revenant sur les aspects plus formels de la recherche opérationnelle et de l'aide à la décision, il faut mentionner que pendant les années '60 commence à se développer la problématique de la complexité des algorithmes. Hartmanis et Stearns ([HAR 65]) seront les premiers à poser le problème sous la forme que nous connaissons aujourd'hui et pour lequel Karp ([KAR 75]) va proposer la classification toujours utilisée. Sur cette base, Garey et Johnson ([GAR 79]) compilent leur "encyclopédie" des problèmes NP -difficiles (voir aussi [PAP 82]). Les travaux sur la complexité ouvrent un problème non négligeable. Il se fait que plusieurs algorithmes utilisés pour résoudre des problèmes classiques de la recherche opérationnelle (entre autres) sont inutilisables dans la pratique, car en présence d'instances de grande taille le temps nécessaire pour arriver à la solution optimale peut être énorme, indépendamment de l'ordinateur utilisé. Mentionnons comme exemples la satisfaction d'une formule logique et le célèbre problème du voyageur de commerce (voir [FLO 56], [MOR 42] et surtout [LIT 63] qui va introduire un des types d'algorithmes les plus utilisés en optimisation combinatoire: les procédures Branch and Bound). La recherche d'une solution optimale, au delà de ses implications cognitives, théoriques ou épistémologiques, se heurte à un problème d'applicabilité dans la pratique.

Le programme de l'intelligence artificielle (voir par exemple [NIL 71]) orienté

vers la création de “machines pensantes” et l’établissement de procédures générales de résolution des problèmes va prendre appui sur les travaux de Newell et Simon ([NEW 63], [NEW 72]). L’idée de la recherche d’une solution “satisfaisante” sera une réponse au problème des ressources nécessaires pour arriver à une conclusion dans un processus de décision quelconque. La question sera reprise dans une formulation “logique” par McCarthy et Hayes (voir [MCC 69]), qui vont ouvrir la voie à ce que nous appelons aujourd’hui “raisonnement non-monotone”, ainsi que par Minsky ([MIS 75]), qui va proposer de nouvelles techniques orientées vers la représentation des connaissances.

Enfin, pendant les années ’60, paraissent les premiers travaux liés à un problème très pratique: l’existence de plusieurs critères de décision, éventuellement en conflit entre eux. Il s’agit d’une situation qu’en réalité on trouve pratiquement dans toutes les situations décisionnelles. C’est seulement la volonté (et parfois la nécessité) de simplifier qui a poussé les chercheurs (et les professionnels) à étudier les problèmes en utilisant un critère de décision unique. Déjà en 1955 Charnes et al. proposent le “Goal Programming” ([CHA 55]). Ces travaux sont repris dans [CHA 61] et donnent naissance à une approche connue aujourd’hui sous le nom de “programmation multi-objectif” (pour les premiers travaux voir [BEN 71], [GEO 68], [GEO 73], [SHE 64], [ZEL 73]). En 1966 déjà, puis en 1968, Bernard Roy présente ses idées sur l’aide à la décision ([BEN 66], [ROY 68]); il ouvre la voie à une autre approche, celle des “méthodes basées sur les relations de surclassement”. Raiffa, en 1969, produit son rapport RAND ([RAI 69]) pour ces types de problèmes de décision. En 1972 a lieu la première conférence internationale dans ce domaine (voir [COC 73]) et en 1976 Keeney et Raiffa publient leur ouvrage de référence ([KEE 76]) qui étend la théorie de l’utilité (voir aussi [FIS 70]) en présence de critères multiples.

Le problème de la présence de plusieurs critères pose une question fondamentale. Le concept d’optimum vectoriel n’existe pas ou n’est pas définissable en termes purement mathématiques. La seule définition “objective” que nous puissions introduire est celle de solution efficace (voir [PAR 06]). Une solution est dite efficace s’il n’y a pas d’autres solutions qui sont au moins aussi bonnes qu’elle sur tous les critères et strictement meilleure sur au moins un critère. Le problème est que l’ensemble des solutions efficaces peut être extrêmement grand et donc inutilisable si l’on doit identifier une solution à choisir. Techniquement les différentes approches se distinguent par la technique utilisée pour explorer cet ensemble et trouver le meilleur compromis (concept d’ailleurs sans définition mathématique précise). D’une part, on trouve les approches fondées sur la définition d’une fonction qui agrège les différents critères en un seul, ce qui, en pratique, ramène le problème à un problème d’optimisation classique. Dans les autres approches, l’ensemble des critères est vu comme un ensemble d’individus exprimant

des préférences et on utilise les méthodes de la théorie du choix social (comme les procédures de vote) pour obtenir une relation de préférence globale, représentative de l'ensemble des critères; la théorie des graphes est enfin invoquée pour obtenir une solution finale (à partir de la préférence globale qui est un graphe).

Nous donnerons plus de détails sur les différences entre les approches dans la suite de cette histoire. Ceci dit, il faut remarquer que ces différences sont vite apparues plus profondes que de simples questions techniques. Elles portent en réalité sur la façon de concevoir l'aide à la décision et dépassent le fait d'utiliser une technique plutôt qu'une autre. Nous discuterons ces approches en section 3.

Nous pouvons conclure cette première partie de l'histoire en remarquant qu'à la fin des années '60, début des années '70; la recherche opérationnelle et la théorie de la décision se trouvent à un point de fort développement tant du point de vue scientifique que professionnel. Néanmoins, cette croissance a, entre-temps, permis le développement d'approches critiques du paradigme dominant; celles-ci vont occuper l'avant de la scène pendant la période que nous appelons la maturité.

2.2 Maturité

Dans la suite de cette reconstruction partielle de l'évolution de la théorie de la décision, nous allons concentrer notre attention sur certaines directions de recherche que nous avons vu émerger dans la partie précédente. L'entrée de l'aide à la décision dans sa "maturité" ([BOU 93]) implique aussi une certaine spécialisation que nous observons autour de 5 axes:

- la structuration et la formulation des problèmes de décision;
- l'apport des sciences cognitives;
- l'intelligence artificielle et "la décision";
- le traitement de l'incertitude;
- l'aide multicritère à la décision.

Ces axes ont été suivis à la fois par des chercheurs dans les communautés de la RO et de la théorie de la décision et par des chercheurs provenant d'autres disciplines, mais qui partagent l'intérêt vers l'aide à la décision. Nous allons voir que ces 5 axes ne sont pas divergents, mais qu'ils tendent au contraire à trouver plusieurs points de contact et de convergence.

Comme toutes les sciences empiriques, la recherche opérationnelle et la théorie de la décision vont connaître leur première "crise" officielle pour une question pratique. La société anglaise de RO, vers la fin des années '60, veut créer un répertoire de "professionnels en RO accrédités". La raison en est simple: donner aux professionnels du domaine un label de qualité permettant une meilleure promotion à la fois de la discipline et de la pratique. Le même problème intéressera aussi la so-

ciété Américaine ORSA (voir [ORS 71]). Le problème aussi est simple: quel est le périmètre de la discipline et comment le caractériser? En se basant sur les méthodes utilisées? Qui décide si une méthode appartient à la RO? Comment reconnaît-on qu'une nouvelle méthode ou approche se trouve dans ce périmètre? La difficulté de trouver une réponse à ces questions ouvre un débat qui sera étroitement lié aussi aux critiques du paradigme dominant émises à l'époque. Pour la petite histoire, ce débat n'arrive à une conclusion(?) que récemment (la société anglaise approuve les modifications statutaires nécessaires en 2001 seulement !!!).

Pour avoir une idée de la discussion, le lecteur consultera les deux célèbres articles d'Ackoff ([ACK 79a], [ACK 79b]). Une reconstruction de cette discussion est disponible aussi dans l'introduction de [ROS 89]. Une intéressante mise en perspective de cette discussion de la "crise de la recherche opérationnelle" se trouve dans [BOU 03].

Pendant les années '70 se développe (surtout au Royaume Uni) une nouvelle approche de l'aide à la décision sur la base des études développées au Tavistock Institute ([EME 59], [FRI 69], [STR 67], [TRI 93]) et par Stafford Beer ([BEE 59], [BEE 66], [BEE 72]). Le lecteur peut trouver une présentation de ces approches dans [ROS 89]. Citons ici les plus connues de ces approches: "Soft Systems Methodology", [CHE 81], "Strategic Choice", [FRI 87], [FRI 69], "Cognitive Mapping", [EDE 88], [EDE 83], "Robustness Analysis", [ROS 78], [ROS 96].

Rappelons que dans la théorie de la décision classique un problème de décision est formulé de façon unique. Il s'agit toujours de maximiser la valeur d'une fonction sur les conséquences des actions potentielles. Il n'y a pas d'alternative à cette formulation du problème et le décideur doit adapter son information et sa perception du problème aux axiomes de la théorie. L'idée de base des nouvelles approches est au contraire que la partie la plus importante dans un processus d'aide à la décision est précisément la structuration et la formulation du problème de décision. Il s'agit d'idées déjà mises en pratique par les psychologues [WAT 74]). Dans cette approche, l'attention est focalisée sur les interactions entre le(s) décideur(s) et l'équipe d'étude. Diverses techniques sont proposées pour arriver à construire une représentation de la situation problématique qui recueille le consensus de tous les participants (voir aussi les réflexions dans [BNV 98], [LAN 87], [LAN 95], [MOS 84]). Ces approches suggèrent qu'une fois que le décideur a compris son problème, la recherche de la solution devient secondaire et en tout cas "simple". Peu d'attention est effectivement portée aux techniques et à la formalisation logique/mathématique (plusieurs critiques seront faites pour cette raison). Il demeure indéniable que structurer et formuler un problème de décision est une question critique dans l'aide à la décision comme plusieurs expériences pratiques l'ont montré ([BAN 99], [BLT 97], [CHE 90], [ROS 89], [STA 03]). Nous discuterons cette question plus en détail dans la section 4 de ce chapitre.

Nous avons déjà vu dans la partie précédente que la théorie de la décision a été critiquée en particulier sur une base cognitive. Des expériences conduites (essentiellement en laboratoire) ont montré que les “décideurs” ne se comportent pas selon les axiomes de la théorie de la décision. Ces expériences ont également montré que la façon de formuler un problème de décision influence le comportement du décideur. Par exemple, demander de choisir entre deux alternatives qui sont des gains ou des pertes donne lieu à des comportements différents. Le contexte cognitif en général a une influence fondamentale sur le décideur. Le lecteur verra une description de ces expériences dans [KAH 79], [TVE 81], [TVE 93].

Une première tentative de répondre à ces problèmes théoriques et pratiques a été d'étendre la théorie de l'utilité à travers l'utilisation des “coefficients de croyance” qui tiennent compte du contexte cognitif. Il s'agit de la théorie connue sous le nom de “prospect theory” ([KAH 79]). Si son axiomatisation complète est encore à achever (voir par exemple [WAK 93]), elle a ouvert un axe de recherche fécond ([BLE 01], [CHT 99], [GIL 01], [KAH 03], [KAH 02], [KAS 03], [LUC 96], [LUC 94], [SLO 02], [VWN 86], [WAK 02]).

Une deuxième tentative a été développée dans le même temps (en relation avec la première) avec l'objectif d'identifier “des stratégies décisionnelles” que les décideurs utilisent dans des situations problématiques. Tversky avait déjà observé des comportements de ce type ([TVE 72]). Des études similaires se trouvent dans [BRT 92], [MON 83], [MON 76]. Il s'agit chaque fois d'identifier des régularités dans le comportement des décideurs comme l'élimination progressive d'alternatives ou la recherche des structures de dominance. Un panorama de cette approche est présenté dans [SVE 96], ainsi que dans [BRT 02]. L'apport fondamental de ces deux tentatives est la mise au centre de l'aide à la décision du décideur, de son effort cognitif et du contexte de la décision. Il s'agit de la première focalisation sur le processus de décision (sur le décideur) et non pas sur la théorie de la décision.

Le lecteur peut reconnaître dans l'approche précédente la critique cognitive faite par Simon. Sa contribution a trouvé un terrain fertile dans l'Intelligence Artificielle. Un des points de vue principaux de Simon était que la théorie de la décision (à cette époque) n'avait pas d'attention au “processus” de résolution des problèmes et aux ressources nécessaires. Dans son esprit l'Intelligence Artificielle était une réponse. Effectivement une large partie de la recherche effectuée dans ce contexte concerne des problèmes de décision bien connus.

Un domaine d'intérêt commun entre l'intelligence artificielle et la recherche opérationnelle concerne des algorithmes de planification. Effectivement la question d'établir un plan pour la résolution d'un problème peut être vue (en Intelli-

gence Artificielle) comme l'exploration d'un arbre où les nœuds représentent des "états du monde" et les arcs des transitions d'un état à l'autre ([FIK 71], [NIL 80], [RUS 95]). L'objectif de cette exploration est d'établir un chemin entre l'état du monde que represent la situation présente et l'état du monde qui represent la solution. Cette exploration est basée sur l'estimation de la longueur du chemin qui rest pour atteindre la solution, comme montre le célèbre algorithm A* algorithm ([HAN 68]). Effectivement l'arbre des états a une structure similaire à celle générée par l'algorithme Branch and Bound et il est exploré avec des principes similaires. De ce point de vue les chercheurs en IA utilisent des concepts issues de la programmation dynamique et à nombres entiers (voir par exemple [BON 96], [BOT 99b]).

Par ailleurs, les méthodes de satisfaction de contraintes, (voir [TSA 93], [VNH 89a]) développées essentiellement dans le cadre de l'intelligence artificielle, trouvent des applications dans des problèmes connus de la recherche opérationnelle (voir [APT 99], [BAR 98], [BOC 98], [BRI 99], [DUB 96]). Enfin, il faut noter le développement d'heuristiques pour la résolution de problèmes "difficiles" d'optimisation (voir [AAR 97], [GLO 86], [GLO 97], [GOL 89], [PIR 96]). Le lecteur trouvera une bibliographie partielle dans [JAU 88].

Des interactions encore plus fécondes vont se développer autour de ce qui aujourd'hui est connu comme "qualitative decision theory" et "preferential entailment". D'une part, il s'agit d'étendre la théorie de la décision à travers l'utilisation d'approches symboliques sans l'imposition d'hypothèses quantitatives sur l'information (voir [BOT 94], [BOT 99a], [BOT 00], [BRA 96], [BRA 97], [BRA 00], [DOY 91a], [DOY 99], [DOY 94b], [DUB 95], [LEH 96], [LEH 01a], [TAN 94], [WEL 91]). Brièvement, le problème est simple : comment formuler une théorie où les préférences sont simplement des relations d'ordre et l'incertitude est purement qualitative. Le lecteur trouvera une présentation exhaustive du sujet dans [DUB 02]. Le résultat est que, si on veut rester dans le cadre des axiomes de Savage, une telle théorie demeure très faible (du point de vue de sa capacité opérationnelle). La raison de ce constat réside essentiellement dans les impossibilités que nous avons déjà rencontrées dans la théorie du choix social.

Doyle, [DOY 85], et Shoham, [SHO 87] déjà, avaient remarqué que la seule capacité d'inférence d'un système de raisonnement n'était pas suffisante pour prendre en compte un élément fondamental de la capacité humaine à résoudre de problèmes: les préférences. Ils proposeront d'intégrer dans les systèmes d'inférence, notamment dans des formalismes de raisonnement non monotone, des relations d'ordre entre les interprétations des formules, de façon à obtenir des conclusions préférées et pas seulement des conclusions vraies. Cette idée sera suivie par plusieurs chercheurs (avec des approches variées): [ALC 85], [BRA 01], [DOY 89], [DOY 90], [DOY 94a], [GRD 88], [GRD 94], [KRA 90], [LEH 01b]). Néanmoins, encore une fois, comme constaté par Doyle et Wellman, [DOY 91b] (voir aussi [DUB 02]),

le problème de l'agrégation de ces relations d'ordre reste soumis au théorème d'impossibilité d'Arrow.

Si d'une part ces résultats peuvent apparaître comme négatifs, d'autre part, ils indiquent d'importantes voies de recherche comme la relaxation du cadre axiomatique à l'intérieur duquel chercher la solution (voir par exemple [WEY 84] ou l'exploration des fonctions de choix "non rationalisables" (voir [SEN 71], [SEN 93]).

Ces remarques nous amènent à une autre innovation majeure dans le cadre de la théorie de la décision: la théorie des ensembles flous et la théorie des possibilités (voir [DUB 88], [ZAD 78]). Le lecteur dispose de deux ouvrages de base ([FOD 94], [SLW 98]) pour mieux comprendre la contribution de ces formalismes à l'aide à la décision.

Dans une première orientation, nous avons les travaux considérant les relations de préférence comme des sous-ensembles flous et donc comme des relations valuées (voir [DOI 86], [FOD 94], [KAC 88]) ainsi que l'extension de plusieurs concepts de l'aide à la décision à leur forme valuée (voir [BIS 00], [KIT 93]). Le lecteur peut aussi voir les chapitres 1 et 2 dans [SLW 98] ainsi que la survey [OZT 05]. D'autre part, nous avons la constatation que les problèmes d'agrégation des "mesures d'incertitude" ou des "mesures floues" sont identiques aux problèmes d'agrégation des préférences (voir [PER 92] ainsi que le chapitre 7 de [BOU 00]) et le développement d'une littérature sur les opérateurs d'agrégation ([GRA 00], [GRA 95]).

Plus généralement, l'introduction de la théorie des possibilités a permis l'utilisation des formalismes de représentation de l'incertitude autres que celui de la probabilité (avec ses problèmes conceptuels; voir la discussion en [NAU 01]) et sa nature de mesure additive. La nature ordinaire des distributions de possibilité a permis de les utiliser de façon plus flexible dans plusieurs domaines de l'aide à la décision (voir par exemple [SAB 01], [SAB 98], [SLW 90]). En tout cas le lecteur doit se rappeler que à partir des années 80 il y a un grand effort d'innovation du domaine de la décision dans l'incertain: voir [COH 80], [GIL 89], [GIL 93], [GIL 02a], [GIL 02b], [JAF 88], [JAF 89], [JAF 93], [MAC 82], [MAC 92], [MAC 95], [NAU 95], [SCM 89], [QUI 93].

Pour finir la discussion sur le traitement de l'incertitude, nous rappellerons des contributions fondées sur d'autres formalismes logiques permettant de prendre en compte l'incertitude, l'ambiguïté et les inconsistances dans un processus d'aide à la décision (voir [FOR 02], [PER 98], [TSO 02], [TSO 95]).

Dans la première partie de cette historique, nous avons remarqué que la formulation des problèmes de décision comme problèmes d'optimisation est une simplifi-

cation de la réalité. Les problèmes de décision sont presque toujours des problèmes où nous trouvons plusieurs dimensions, plusieurs points de vue, plusieurs acteurs impliqués, chacun portant ses valeurs, ses préférences, ses critères.

Nous avons vu aussi que, du point de vue technique, les méthodes d'aide multicritère à la décision se regroupent en deux catégories, selon la façon dont l'ensemble des solutions potentielles est exploré:

1. l'utilisation d'une fonction qui synthétise les différents critères;
2. l'utilisation de procédures de comparaison par paires et de majorité.

Dans la première catégorie nous trouvons d'une part les méthodes fondées sur la construction d'une fonction de valeur multicritère (voir [KEE 76]) et d'autre part les méthodes interactives d'exploration de l'ensemble des solutions efficaces d'un programme multi-objectif (voir [GDN 97], [VAN 89b]) ainsi que les heuristiques appliquées à cette typologie de problèmes (particulièrement difficiles, voir [ULU 94]). Le lecteur peut consulter l'excellente bibliographie parue dans [EHR 02]. La construction des fonctions de valeur peut être obtenue à travers des méthodes directes (voir par exemple [VWN 86]) ou de façon indirecte (voir la méthode AHP, [SAA 80], la méthode UTA, [JQL 82] ou encore la méthode MACBETH, [BAN 94]).

Dans la deuxième catégorie, nous trouvons les méthodes connues sous le nom de "méthodes de surclassement", nom donné à la relation de préférence représentant le concept "au moins aussi bien que" par Bernard Roy ([ROY 85]). Ces méthodes exploitent un principe de base élémentaire: en comparant x à y sous plusieurs critères, x sera déclaré au moins aussi bon que y si c'est le cas pour la "majorité" de critères et s'il n'y a pas de "minorités de blocage" (pour une discussion voir [TSO 02]). Le lecteur consultera, pour plus de détails sur ces méthodes, [ROY 91], [ROY 96], [SCH 85], [SCH 96], [VIN 92]. Récemment, la possibilité de construire de telles relations à partir d'exemples a été montrée ([GRE 99], [PAW 94]).

Ces deux catégories de méthodes présentent bien sûr chacune des avantages et des désavantages. La construction d'une fonction d'utilité est plus restrictive (au sens des conditions à respecter) et demande un effort cognitif considérable du décideur (pas nécessairement intuitif), mais permet de fournir un résultat riche et théoriquement bien fondé. Les "méthodes de surclassement" sont beaucoup plus flexibles (très peu de conditions à respecter), mais le risque est d'obtenir un résultat assez pauvre et parfois difficilement justifiable d'un point de vue axiomatique. Le lecteur verra sur ce point l'intéressante discussion parue dans [BLT 02], le chapitre 6 de [BOU 00] ainsi que les chapitres 4, 5 et 6 de [BOU 06].

La catégorisation nette des types de méthodes exposée plus haut risque cependant de ne pas rendre compte des vraies différences entre les diverses approches d'aide à la décision. D'une part, comme il a été récemment montré dans [BOU 02], [BOU 04a], [BOU 04b], [BOU 05a], [BOU 05b], il est possible de construire une

théorie unitaire de ces méthodes dans le cadre de la théorie du mesurage conjoint. D'autre part, si des différences existent, elles ne portent pas tant en réalité sur la technique utilisée, que sur la conduite du processus d'aide à la décision (voir [BLT 02], [DAE 94], [FRE 88], [GOO 98], [KEE 92], [KEE 99], [ROY 90], [ROY 92], [ROY 93a], [ROY 94], [STE 03]).

En conclusion de cette reconstruction historique nous pouvons remarquer les points suivants.

- Malgré la spécialisation des ces dernières années, la Recherche Opérationnelle et la Théorie de la Décision peuvent toujours être vues comme une seule discipline (comme ses fondateurs pensent il y a 60 ans).
- Cette discipline est profondément enraciné dans la pratique de l'aide à la décision, avec des vrais décideurs impliqués dans de vrais processus de décision. Les résultats les plus abstraits et théoriques ont toujours eu une origine dans des problèmes pratiques et la recherche pour trouver des vrais réponses. La théorie a été toujours accompagné de validation empirique.
- L'évolution de la discipline a été influencé certainement par la vitalité de la recherche menée à son intérieur, mais a aussi énormément bénéficié de la "contamination culturelle" d'autres disciplines comme la philosophie, la psychologie, la théorie des organisations, les sciences politiques, la logique, la mathématique et l'informatique.
- Il y a un intérêt croissant vers questionnes comme la structuration et formulation des problèmes, la conduction des processus d'aide à la décision, la gestion des relations avec les clients et leur demands, la formation des jeunes professionnels en Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision. La questionne ici est d'aller au della du simple développement de théories de décision (qui vont très bien) vers ce que nous appelons une "méthodologie d'aide à la décision": *un corpus de connaissances et une structure de raisonnement cohérente sur les théories et le pratiques qui concernent la décision et l'aide à la décision*. Dans cette méthodologie est possible de distinguer différentes approches. Dans la section suivante nous allons de montrer leur différence principales.

3 Différentes approches d'aide à la décision

Pour pouvoir aider une personne à prendre une décision nous devons élaborer ses préférences. Ce que nous connaissons, ce sont "ses problèmes" et ses "désirs" (ou

pour le dire plus abstraitement, sa situation problématique). L'élaboration dont nous parlons ici est fondée sur l'utilisation d'un langage formel. Le passage de la situation problématique à un modèle d'aide à la décision et les actions possibles que ce modèle implique, demandant l'utilisation de ce que nous appelons "un modèle de rationalité", l'outil de traduction de l'information "informelle" (et naturellement ambiguë) en une représentation formelle. La question est: d'où vient ce modèle de rationalité?

Raisonnons à travers un exemple. Dans la suite, nous utiliserons le terme "client" pour représenter celui ou celle (ou encore l'entité collective) qui demande l'aide à la décision (potentiellement, un décideur). Supposons alors un client qui a un problème de santé. Une série des diagnostics ont été posés et un certain nombre de traitements lui sont proposés avec des résultats plus ou moins prévisibles.

L'approche classique de la théorie de la décision est directe. À chaque diagnostic ("les états de la nature") est associée une probabilité et à chaque traitement (les actions potentielles), des conséquences. En utilisant un des protocoles de construction de la fonction de valeur du client sur les conséquences, nous pouvons bâtir la fonction d'utilité du client et, à travers sa maximisation, nous sommes capables d'identifier la solution qui devrait être appliquée (car elle maximise l'utilité espérée du client). L'existence de cette fonction est garantie par un certain nombre d'axiomes énonçant ce qui, en théorie, constitue un comportement rationnel pour un décideur ([SAV 54]). Les préférences sont transitives (la présence de cycles impliquerait que le décideur pourrait augmenter indéfiniment la valeur de n'importe quelle solution, ce qui est contre l'idée de rationalité). De même, les probabilités sont indépendantes. Il faut noter qu'aucune observation sur le comportement du décideur particulier n'a été effectuée, pas plus que sur celui de décideurs placés dans des situations similaires. C'est le décideur qui doit adapter ses préférences et son comportement à ces axiomes. S'il ne le fait pas, c'est qu'il n'est pas "rationnel" (et des "corrections" sont à prévoir). Nous appelons cette approche *normative*.

Nous notons que si le modèle d'aide à la décision traite l'incertain, aucune incertitude n'est associée au modèle lui-même: tous les diagnostics sont possibles et tous les traitements le sont aussi. Il s'agit simplement de trouver le traitement qui maximise l'utilité du décideur. Comme pour les lois ou les normes éthiques, la légitimité du modèle de rationalité est externe à la situation problématique. Le modèle de rationalité est "importé" dans le processus d'aide à la décision. Le lecteur peut consulter plusieurs ouvrages classiques comme [FIS 70], [FIS 82], [LUC 57], [SAV 54], [WAK 89]. Pour une belle discussion sur "la rationalité" de cette approche voir [MOG 00].

Revenant à notre exemple, si nous constatons que notre client n'est pas vraiment disposé à suivre les axiomes de la théorie classique, nous avons l'alternative de chercher un modèle de rationalité dont la légitimité ne soit pas théorique, mais empirique. Si d'autres décideurs ont adopté une certaine stratégie pour prendre une décision dans des conditions similaires, pourquoi ne pas la répéter (à condition de pouvoir trouver une rationalisation de cette stratégie). C'est l'idée de base des approches que nous allons appeler *descriptives*: définir des modèles ou des stratégies de décision sur la base de l'observation du comportement de vrais décideurs (voir [HUM 83], [KAH 81], [POU 94], [VWN 86]).

Nous constatons une fois encore qu'il s'agit d'imposer un modèle de rationalité indépendant de la situation problématique. Néanmoins, nous avons plus de degrés de liberté. Le problème n'est pas nécessairement formulé comme un problème d'optimisation (plusieurs alternatives sont possibles). La personnalité du décideur n'est pas ignorée, mais prise en compte. D'autre part, comme dans le cas de l'approche normative nous sommes sûrs du problème et du modèle: il s'agit bien de trouver le meilleur traitement pour le client étant donnés les diagnostics et les incertitudes sur les conséquences. Notons que ces idées ont été pratiquement les mêmes qui ont nourri la recherche sur les systèmes experts (voir la belle discussion dans [HAT 92]).

Le problème est que nous pouvons nous trouver dans une situation où notre client échappe à tout modèle de rationalité externe. Ses préférences peuvent ne pas être transitives ou, pis encore, incomplètes. Sa perception de l'incertain peut échapper à tout effort de quantification ou de mesurage. De plus, le client peut se rendre compte de la nécessité de mieux exprimer ses préférences, mais n'avoir ni le temps, ni les ressources (ni peut-être l'envie) pour le faire. Néanmoins, il faut lui proposer une recommandation. Et il faut le faire *ici et maintenant*. Une approche peut être d'essayer d'identifier le modèle de rationalité du client sans faire appel à des modèles externes. Bien sûr, la validité de ce modèle est strictement locale, mais sa légitimité est bien claire: elle est fondée sur le client lui-même.

Il est clair par ailleurs que l'identification du modèle de rationalité doit accepter les contraintes du langage formel et de la cohérence avec ce que les procédures permettent ou ne permettent pas de faire avec l'information disponible (voir la discussion dans [BOU 00]). Le lecteur trouvera dans [BEL 88], [BLT 02], [KEE 92], [LAR 95], [TVE 77b], [VAN 02], [VIN 92], [WEB 90] une discussion sur cette approche. Le fait de ne pas imposer un modèle de rationalité, mais de le chercher dans la situation problématique et dans l'attitude du client vis-à-vis de celle-ci, permet effectivement d'être plus pragmatique et de ne pas forcer le client à accepter des recommandations qui ne lui conviennent pas. D'autre part, il ne faut pas cacher

le fait que nous avons fait deux hypothèses implicites: l'une, que le problème du client est bien celui qui nous a été présenté et l'autre, que notre client a un modèle de rationalité. Il s'agit simplement de l'identifier.

La réalité de l'aide à la décision est qu'assez souvent notre client n'a pas les idées assez claires pour pouvoir nous fournir un modèle de rationalité. Pour revenir à notre exemple, sommes-nous sûrs d'avoir fait tous les diagnostics possibles? Avons-nous vraiment pris en considération tous les traitements possibles? Faut-il effectivement trouver un traitement? Et si le mieux était que le client prenne de longues vacances (pourquoi pas avec son équipe d'étude)? En d'autres termes, chercher la solution d'un problème bien formulé est toujours possible. Le risque est de chercher la solution d'un problème que le client n'a pas. Ce qui rend le processus difficile est que personne ne sait vraiment quel est le problème. Dans un tel cas, nous allons suivre ce que nous appelons une approche *constructive*: il s'agit de construire en même temps le problème et sa solution.

Dans une approche de ce type nous ne devons pas simplement trouver quelle est la méthode la plus appropriée pour traiter le problème du client. Il faut, avec le client, construire une représentation de la situation problématique, formuler un problème formel avec le consensus du client et enfin construire le modèle d'aide à la décision approprié. Dans ce processus, il y a une dimension d'apprentissage qui est fondamentale. Les modèles que nous allons construire sont le résultat d'un processus d'apprentissage mutuel: le client apprend à comprendre son problème d'un point de vue abstrait et formel et l'équipe d'études apprend de comprendre le problème du client du point de vue de celui-ci. Rien n'est donc donné et tout est à construire. Le lecteur trouvera dans [BLT 02], [BOU 00], [CHE 81], [GEN 02], [HAB 90], [LAN 96], [LAN 83a], [LAN 83b], [ROS 89], [ROY 96], [SCF 88], [WAT 67] des références à cette approche.

Dans la table 1 (reprise de [DIA 04]), nous présentons les principales différences entre les diverses approches.

Pour conclure cette section, nous présentons quelques remarques.

1. Il est clair que la différence entre les approches ne se situe pas au niveau des méthodes adoptées. Il est bien possible d'adopter une approche constructive et finir par utiliser une méthode d'optimisation combinatoire, si la situation l'impose. Si d'autre part, nous imposons au client l'utilisation d'une méthode (a priori la plus flexible et ouverte possible) nous adoptons en réalité une approche normative.
2. La rationalité ne se situe pas dans l'imposition d'un modèle de comportement. Un client qui a des préférences "cycliques" n'est pas moins rationnel

Approche	Caractéristiques	Comment obtenir le modèle
Normative	rationalité exogène, comportement économique	postuler
Descriptive	rationalité exogène, modèles empiriques du comportement	observer
Prescriptive	rationalité endogène, cohérence avec la situation problématique	découvrir
Constructive	processus d'apprentissage, cohérence avec le processus de décision	établir un consensus

Table 1: Différences entre les approches

qu'un client qui respecte l'axiome de transitivité de la préférence. Pour poursuivre avec cet exemple, la transitivité de la préférence est nécessaire seulement si nous interprétons " x est préféré à y " comme "je suis disposé à payer plus pour x que pour y ". Si, par contre, nous l'interprétons comme "il y a plus de raisons en faveur de x qu'en faveur de y " (voir [SCF 88], [TSO 02]), alors nous comprenons bien qu'une "préférence cyclique" indique l'existence d'une structure cyclique d'arguments (ce qui est le cas du paradoxe de Condorcet, [CON 85]).

3. La présence "d'incohérence" dans l'argumentaire du client (comme dans le cas précédent) n'est pas une source de problèmes, mais une source d'informations importantes pour la conduite du processus d'aide à la décision.
4. La conduite du processus d'aide à la décision est lui même une aide à la décision. Poser la question: "Où vous voulez sortir ce soir?" implique que l'ensemble des alternatives est restreint à des lieux externes, l'option de rester chez le client n'étant pas prise en considération. Demander "Préférez-vous écouter de la musique classique ou du jazz?" implique de vouloir écouter de la musique, le silence n'étant pas considéré. Ce type d'hypothèses, qui sont introduites implicitement dans un modèle d'aide à la décision par la conduite du processus lui-même, représente un élément crucial de réflexion.

Dans la suite nous nous concentrons sur ce dernier concept (le processus d'aide à la décision) pour voir comment sa structuration permet de mettre en œuvre la théorie de la décision.

4 Le processus d'aide à la décision

Comme nous l'avons déjà remarqué, Simon a avancé la thèse selon laquelle la "décision" n'est pas un acte, mais un processus. Cette thèse permet de concevoir la rationalité, non plus comme relative à "un objectif" ("substantive rationality"), mais relative au processus lui-même ("procedural rationality"). La rationalité devient une cohérence locale (un certain moment du processus de décision) et donc limitée (voir [SIM 57], [SIM 79]). Dans la suite, nous allons utiliser un modèle descriptif de processus de décision présenté en [OST 93].

Dans notre présentation, nous faisons l'hypothèse que le client est impliqué dans un ou plusieurs processus de décision et que la demande d'aide à la décision fait référence à au moins un de ces processus. Nous regroupons les activités liées à cette aide sous le nom de "*processus d'aide à la décision*" et nous distinguons les éléments suivants:

- au moins deux participants, le client et l'analyste;
- au moins deux objets du processus, les préoccupations du client et les motivations de l'analyste;
- un ensemble de ressources qui inclut la connaissance que le client a sur le domaine de ses préoccupations, la connaissance méthodologique de l'analyste et le temps disponible;
- un objet de convergence (un méta-objet) qui consiste en une représentation partagée (entre les participants) des préoccupations du client (un ou plusieurs artefacts, [EAS 91], [SIM 69]).

Nous voyons le processus d'aide à la décision comme un processus cognitif distribué. Cependant, notre point de vue n'est pas cognitif, mais opérationnel. Nous faisons l'hypothèse que les participants vont effectivement essayer de produire une représentation partagée. Nous analyserons par contre les artefacts que produit un tel processus (pour une discussion détaillée voir [PAS 99], [STA 03]):

- la représentation de la situation problématique;
- la formulation du problème;
- le modèle d'évaluation;
- la recommandation finale.

4.1 La situation problématique

Une représentation de la situation problématique est un effort pour donner des réponses à des questions du type:

- qui a un problème?
- pourquoi est-ce un problème?
- qui décide sur ce problème?
- quel est l'implication du client dans ce problème?
- qui va payer les conséquences d'une décision?

Une représentation de la situation problématique est un artefact qui permet, d'une part, au client de bien comprendre sa position par rapport au processus de décision pour lequel il a demandé une aide et, d'autre part, à l'analyste de bien comprendre son rôle dans le processus de décision.

Du point de vue formel, une représentation de la situation problématique est un triplet:

$$\mathcal{P} = \langle \mathcal{A}, \mathcal{O}, \mathcal{S} \rangle$$

où:

- \mathcal{A} est l'ensemble des participants au processus de décision;
- \mathcal{O} est l'ensemble des enjeux que les participants amènent dans le processus de décision;
- \mathcal{S} est l'ensemble des engagements que les participants prennent sur leur enjeux et sur les enjeux des autres.

Dans un processus d'aide à la décision, une telle représentation n'est pas fixée une fois pour toutes, mais peut évoluer. Par ailleurs, son rôle est aussi d'aider à comprendre les raisons des incompréhensions au niveau de l'interaction entre le client et l'analyste.

4.2 La formulation du problème

Pour une représentation de la situation problématique donnée, l'analyste peut proposer à son client une ou plusieurs "formulations du problème". Il s'agit d'un point

crucial du processus d'aide à la décision. La représentation de la situation problématique a un but descriptif (au mieux explicatif). La construction de la formulation du problème fait intervenir ce que nous avons appelé le modèle de rationalité. Il s'agit d'une réduction de la réalité du processus de décision dans lequel le client est impliqué, à travers l'utilisation d'un langage formel et abstrait. Le résultat consiste en la transformation d'une préoccupation du client en un "problème" formel sur lequel il est possible d'appliquer une méthode d'aide à la décision.

Pour prendre un exemple, supposons un client qui exprime son problème "d'acheter de nouveaux bus pour améliorer le service à la clientèle". Diverses formulations du problème sont possibles:

- choisir un fournisseur parmi les fournisseurs potentiels;
- choisir une offre parmi les offres déposées;
- choisir des combinaisons d'offres.

Le choix de l'une des formulations précédentes n'est pas neutre. La première porte l'attention sur le fournisseur plutôt que sur les offres et laisse entendre une volonté d'établir des relations à long terme. La deuxième est une formulation plus contingente et fait l'hypothèse implicite que les bus seront tous achetés chez un même fournisseur. La troisième est encore une formulation contingente, mais laisse ouverte l'hypothèse d'acheter des bus différents auprès de divers fournisseurs. Il est clair qu'accepter une de ces formulations implique l'orientation de la décision finale dans une direction plutôt qu'une autre.

Du point de vue formel, une formulation du problème est un triplet:

$$\Gamma = \langle \mathbb{A}, \mathbb{V}, \Pi \rangle$$

où:

- \mathbb{A} : est l'ensemble des actions potentielles que le client peut entreprendre dans le cadre de la situation problématique représentée dans \mathcal{P} ;
- \mathbb{V} : est l'ensemble des points de vue sous lesquels il est envisagé d'observer, d'analyser, d'évaluer, de comparer, les actions potentielles;
- Π : est la problématique décisionnelle, la typologie d'application envisagée sur l'ensemble \mathbb{A} , une anticipation sur ce que le client attend (le lecteur trouvera plus de détails sur ce point dans [BAN 96], [OST 90], [ROY 93b]; pour un exemple détaillé voir [STA 03]).

Obtenir le consensus du client sur une formulation du problème produit une clarification, car à la place d'une description ambiguë d'un problème nous avons un problème formel précis. Plusieurs approches d'aide à la décision s'arrêtent à ce point, faisant l'hypothèse que formuler (et comprendre) un problème est équivalent à le résoudre, ou limitant explicitement l'aide à la décision à formuler des problèmes, la solution de ces problèmes étant une affaire personnelle du client. Dans notre approche, la formulation du problème n'est qu'un des artefacts du processus d'aide à la décision, celui utilisé pour construire le modèle d'évaluation.

4.3 Le modèle d'évaluation

Par ce terme nous indiquons ce qui traditionnellement constituent les modèles d'aide à la décision conçus à l'aide d'une méthode quelconque de recherche opérationnelle, de théorie de la décision, d'intelligence artificielle, etc. Les approches classiques d'aide à la décision se focalisent sur la construction de ce modèle. Dans les approches normatives, les degrés de liberté de cette construction sont faibles, tandis que dans les autres approches, il y a plus de liberté de définition des éléments et des paramètres du modèle.

Un modèle d'évaluation est un n-uplet:

$$\mathcal{M} = \langle A, D, E, H, \mathcal{U}, \mathcal{R} \rangle$$

où:

- A est l'ensemble des alternatives sur les quelles va s'appliquer le modèle;
- D est l'ensemble des dimensions (attributs) sous lesquels les éléments de A sont observés, mesurés, décrits, etc. (cet ensemble peut être équipé des propriétés de structuration, par exemple, une hiérarchie);
- E est l'ensemble des échelles associées à chaque élément de D ;
- H est l'ensemble des critères sous lesquels chaque élément de A est évalué de façon à prendre en compte les préférences du client (nous rappelons qu'un critère est un modèle de préférences);
- \mathcal{U} est l'ensemble des distributions d'incertitude associées à D et/ou à H ;
- \mathcal{R} est l'ensemble des opérateurs qui permettent d'obtenir des informations synthétiques sur les éléments de A ou de $A \times A$, notamment les opérateurs d'agrégation (des préférences, des mesures, des incertitudes etc.).

Le lecteur constatera qu'une grande partie des modèles d'aide à la décision (ou des modèles de décision, dans les approches normatives) sont représentables par cette description. Par ailleurs, cette description permet d'attirer l'attention du lecteur sur certaines remarques importantes:

1. On comprend mieux pourquoi les différences entre approches d'aide à la décision ne dépendent pas des méthodes adoptées. Le fait d'avoir une seule dimension d'évaluation, un seul critère, et d'utiliser un algorithme d'optimisation combinatoire peut bien être le résultat d'une approche constructive. Ce qui est important est de ne pas adopter la méthode avant d'avoir formulé le problème et construit le modèle d'évaluation. Un analyste qui impose sans discussion l'utilisation d'une heuristique décisionnelle n'utilise pas une approche descriptive.
2. Les choix techniques (typologies des échelles de mesure, typologie des modèles de préférence ou de différence, opérateurs d'agrégation) ne sont pas neutres. Même dans les situations où le client a pu arriver à formuler son problème de façon claire (en utilisant des méthodes d'aide à la formulation des problèmes), le choix d'une certaine technique, procédure ou opérateur peut avoir des conséquences importantes qui ne sont pas discutées au moment de formuler le problème (pour une discussion critique voir [BOU 00]). La caractérisation de ces techniques, procédures et opérateurs est donc d'importance capitale parce qu'elle permet de maîtriser leur applicabilité au problème tel qu'il a été formulé au cours du processus d'aide à la décision.
3. Les modèles d'évaluation sont soumis à des processus de validation, comportant notamment (voir [LAN 83a]):
 - une validation conceptuelle (vérification des concepts utilisés);
 - une validation logique (vérification de la cohérence logique du modèle);
 - une validation expérimentale (vérification des résultats sur des données expérimentales);
 - une validation opérationnelle (vérification de la mise en œuvre).

4.4 La recommandation finale

La recommandation finale représente le retour à la réalité. Le modèle d'évaluation produira un résultat Φ . La recommandation finale prend en charge la traduction de ce résultat, du langage formel et abstrait du modèle d'évaluation au langage

courant du client et du processus de décision. Il faut remarquer certains éléments importants de la construction de cet artefact:

- l'analyste est sûr que le modèle est formellement correct;
- le client est sûr que ce modèle le représente, qu'il comprend ses contenus et se sent capable d'utiliser ses conclusions (il est "satisfait");
- la recommandation est légitime en référence au processus de décision dans lequel l'aide à la décision a été demandée.

La dernière observation a un caractère particulier. Le processus d'aide à la décision est une activité qui met ses participants à une certaine distance du processus de décision réel et de ses dimensions organisationnelles. Le retour à la réalité demande une vérification de la légitimité de ce que le processus a produit, à savoir de vérifier si les conclusions sont acceptées par les participants au processus de décision et les raisons de l'acceptation ou du refus (qui peuvent fort bien être complètement indépendantes du processus lui-même). La mise en œuvre de la recommandation finale dépend de cette légitimité (voir [CHU 67]).

À la fin de cette présentation du concept de processus d'aide à la décision (pour plus de détails voir [TSO]) nous pouvons faire deux remarques.

- Tous les artefacts ne sont pas nécessairement établis pendant un processus d'aide à la décision. Il aura des cas où le modèle d'évaluation n'est pas construit, le client étant satisfait par une formulation intelligente du problème. Une recommandation finale n'est pas toujours établie. Cette présentation veut introduire toutes les options possibles, mais qui ne sont pas nécessaires.
- L'identification des artefacts du processus d'aide à la décision sous la forme d'une liste d'émargement est une simplification de la réalité et complexité des situations décisionnelles réelles. La raison d'une telle présentation est essentiellement didactique. Donner à un jeune professionnel un outil de contrôle. La manière de travailler des professionnels expérimentés est sûrement plus complexe, mais n'est pas le sujet de cette présentation.

5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé d'abord de présenter rapidement l'évolution historique de la Théorie de la Décision. Dans cette présentation nous avons essentiellement focalisé notre attention sur l'établissement d'approches alternatives à ce

que nous appelons “théorie classique de la décision”. Cette évolution a été mis en relation à la fois aux validations empiriques provenant de l’application de la théorie dans des situations problématiques réelles et aux apports que d’autres disciplines comme les sciences cognitives, les sciences des organisations et l’Intelligence Artificielle ont amené à la Recherche Opérationnelle et la Théorie de la Décision.

Une première thèse que nous avons soutenu est que ces “approches alternatives” sont intimement liés à la “théorie classique” du moment où partagent l’idée fondamentale que la prise de décision et l’aide à la décision sont des activités humaines qui peuvent être étudiées scientifiquement et que soit possible utiliser un langage abstrait et formel pour aider des décideurs impliqués dans des processus de décision. Nous allons adopter plutôt le terme au pluriel “Théories de la Décision” pour montrer l’existence des différentes approches théoriques et méthodes qui développent cette idée (voir [WHI 75]).

Une deuxième thèse que nous avons essayé de développer est que le concept d’aide à la décision est plus large que les “Théories de la décision”, du moment qui contient à la fois des contributions théoriques et des pratiques sur la conduite de ce que nous appelons “processus d’aide à la décision”. Une des caractéristiques de l’évolution des “Théories de la Décision” est l’inclusion de l’étude du processus d’aide à la décision dans leur champ d’investigation.

Nous croyons que l’aide à la décision est pratiquée tout les jours par les individus dans les organisations dans une proportion beaucoup plus large de ce que les publications scientifiques laissent croire. Le problème est que l’analyse de ces expériences est décidément inférieure au niveau de développement de la partie théorique de la discipline. De point de vue de notre domaine scientifique, malgré sa maturité, manque l’établissement d’analyses de “meilleures pratiques” comme c’est le cas pour d’autres professions “proches” (les avocats ou les psychothérapeutes).

Une troisième thèse présentée dans ce chapitre concerne les apports d’autres disciplines comme les mathématiques, les sciences cognitives, les sciences de l’organisation, l’intelligence artificielle et l’informatique en générale. Plusieurs avancées dans notre discipline ont été possible grâce à l’intégration des contributions de ces disciplines. Au même temps l’attention de notre recherche à des concepts comme la décision, la préférence, les solutions optimales et/ou de compromis etc. a contribué énormément à l’évolution de ces disciplines (et au delà: la Recherche Opérationnelle est appliquée aujourd’hui dans les domaines aussi différents comme la biologie moléculaire, l’archéologie, l’ingénierie, la sociologie et les sciences politiques). Le caractère multi-disciplinaire de la Théorie de la Décision et de l’aide à la décision est observable essentiellement à travers sa pratique.

Enfin nous avons essayé de proposer une classification des différents “approches d’aide à la décision”. Cette caractérisation a été fondée sur une analyse

de l'origin du "model de rationalité" utilisé pour la construction des artefacts du processus d'aide à la décision. De ce point de vue nous avons présenté un model du processus d'aide à la décision, suffisamment large pour inclure la plus part des méthodes et techniques existants. De ce fait nous espérons d'avoir contribuer à la creation d'une méthodologie d'aide à la décision.

Remerciements

Ce chapitre a été conçu pendant mon séjour au DIMACS, Rutgers University, en 2003 que je remercie pour son soutien. Pour la compilation de la partie historique j'ai utilisé énormément le travail de S. Gass pour les 50 ans d'INFORMS (voir [GAS 05]). Marc Pirlot a fait que ce text a une forme dans un français acceptable et je le remercie infiniment. J'ai eu plusieurs discussions avec Ken Bowen, Luis Dias, Marc Pirlot et Bernard Roy qui ont améliorer des versions précédentes. Je rest évidemment le seul responsable de cet essai.

References

- [Å 86] L. ÅQVIST. Deontic logic. In D. GABBAY AND F. GUENTHER, Eds, *Handbook of Philosophical Logic, vol II*, pages 605–714. D. Reidel, Dordrecht, 1986.
- [AAR 97] E. AARTS AND J.K. LENSTRA. *Local search in combinatorial optimization*. J. Wiley, New York, 1997.
- [ACK 62] R.L. ACKOFF. Some unsolved problems in problem solving. *Operational Research Quarterly*, 13:1–11, 1962.
- [ACK 79a] R.L. ACKOFF. The future of operational research is past. *Journal of Operational Research Society*, 30:93–104, 1979.
- [ACK 79b] R.L. ACKOFF. Resurrecting the future of operational research. *Journal of the Operational Research Society*, 30:189–199, 1979.
- [ADE 69] R.M. ADELSON AND J.M. NORMAN. Operational research and decision making. *Operational Research Quarterly*, 20:399–413, 1969.
- [ALC 85] C. ALCHOURRON, P. GÄRDENFORS AND D. MAKINSON. On the logic of theory change: Partial meet contraction and revision functions. *Journal of Symbolic Logic*, 50:510–530, 1985.

- [ALL 53] M. ALLAIS. Le comportement de l'homme rationnel devant le risque : Critique des postulats et axiomes de l'école américaine. *Econometrica*, 21:503–46, 1953.
- [ALL 79] M. ALLAIS AND O. HAGEN, Eds. *Expected utility hypotheses and the Allais paradox*. D. Reidel, Dordrecht, 1979.
- [APT 99] KR. APT. The essence of constraint propagation. *Theoretical Computer Science*, 221:179–210, 1999.
- [ARR 51] K.J. ARROW. *Social choice and individual values*. J. Wiley, New York, 1951. 2nd edition, 1963.
- [ASH 56] W.R. ASHBY. *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall, London, 1956.
- [BAN 94] C.A. BANA E COSTA AND J.C. VANSNICK. MACBETH: An interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International Transactions in Operational Research*, 1(4):387–500, 1994.
- [BAN 96] C.A. BANA E COSTA. Les problématiques de l'aide à la décision : vers l'enrichissement de la trilogie choix-tri-rangement. *RAIRO/ Recherche Opérationnelle*, 30(2):191–216, 1996.
- [BAN 99] C.A. BANA E COSTA, L. ENSSLIN, E.C. CORREA AND J.-C. VANSNICK. Decision support systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. *European Journal of Operational Research*, 113:315–335, 1999.
- [BAN 01] C.A. BANA E COSTA, F.N. DA SILVA AND J.-C. VANSNICK. Conflict dissolution in the public sector: A case-study. *European Journal of Operational Research*, 130:388–401, 2001.
- [BNV 98] C. BANVILLE, M. LANDRY, J.-M. MARTEL AND C. BOULAIRE. A stakeholder approach to MCDA. *Systems Research and Behavioral Science*, 15:15–32, 1998.
- [BAR 98] P. BARTH AND A. BOCKMAYR. Modelling discrete optimisation problems in constraint logic programming. *Annals of Operations Research*, 81:467–495, 1998.
- [BRT 92] J.-P. BARTHÉLEMY AND E. MULLET. A model of selection by aspects. *Acta Psychologica*, 79:1–19, 1992.

- [BRT 02] J.-P. BARTHELEMY, R. BISDORFF AND G. COPPIN. Human centered processes and decision support systems. *European Journal of Operational Research*, 136:233–252, 2002.
- [BAT 72] G. BATESON. *Steps to an Ecology of Mind*. Chandler Publ. Group, S. Francisco, 1972.
- [BEE 59] S. BEER. *Cybernetics and management*. English Universities Press, London, 1959. 2nd edition in 1970.
- [BEE 66] S. BEER. *Decision and control; the meaning of operational research and management cybernetics*. J. Wiley, New York, 1966.
- [BEE 72] S. BEER. *Brain of the firm*. Herder and Herder, New York, 1972. 2nd edition in 1981 by J. Wiley, New York.
- [BEL 88] D. BELL, H. RAIFFA AND A. TVERSKY, Eds. *Decision making: descriptive, normative, and prescriptive interactions*. Cambridge university press, Cambridge, 1988.
- [BLT 97] V. BELTON, F. ACKERMANN AND I. SHEPHERD. Integrated support from problem structuring through alternative evaluation using COPE and V-I-S-A. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6:115–130, 1997.
- [BLT 02] V. BELTON AND T. STEWART. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic, Dordrecht, 2002.
- [BEN 66] R. BENAYOUN, B. ROY AND B. SUSSMAN. ELECTRE: une méthode pour guider le choix en présence des points de vue multiples. Technical report, SEMA-METRA International, Direction Scientifique, 1966. Note de travail 49.
- [BEN 71] R. BENAYOUN, J. DE MONTGOLFIER, J. TERGNY AND O.I. LARICHEV. Linear programming with multiple objective functions: Step method (STEM). *Mathematical Programming*, 1(3):366–375, 1971.
- [BER 54] D. BERNOULLI. Specimen theoriae novae de mensura sortis, Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae (5, 175-192, 1738). *Econometrica*, 22:23–36, 1954. Translated by L. Sommer.
- [BRG 58] C. BERGE. *Théorie des graphes et ses applications*. Collection Universitaire des Mathématiques, Dunod, Paris, 1958.

- [BIS 00] R. BISDORFF. Logical foundation of fuzzy preferential systems with application to the ELECTRE decision aid methods. *Computers & Operations Research*, 27(7-8):673–687, June 2000.
- [BLA 50] P.M.S. BLACKETT. Operational research. *Operational Research Quarterly*, 1:3–6, 1950. Now Journal of the Operational Research Society.
- [BLE 01] H. BLEICHRODT, J.L. PINTO AND P.P. WAKKER. Making descriptive use of prospect theory to improve the prescriptive use of expected utility. *Management Science*, 47:1498 – 1514, 2001.
- [BOC 98] A. BOCKMAYR AND T. KASPER. Branch and infer: a unifying framework for integer and finite domain constraint programming. *Inform Journal on Computing*, 10:287–300, 1998.
- [BON 96] B. BONET AND H. GEFFNER. Arguing for decisions: A qualitative model of decision making. In *Uncertainty in Artificial Intelligence: Proceedings of the Twelfth Conference (UAI-1996)*, pages 98–105. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1996.
- [BOR 81] J.C. BORDA. Mémoire sur les élections au scrutin. *Comptes rendus de l'Académie des sciences, traduit par Alfred de Grazia comme Mathematical Derivation of a election system*, Isis, vol 44, pp 42-51, 1781.
- [BOT 94] C. BOUTILIER. Toward a logic for qualitative decision theory. In *Proceedings of the 4th International Conference on Knowledge Representation and Reasoning, KR'94*, pages 75–86. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1994.
- [BOT 99a] C. BOUTILIER. Knowledge representation for stochastic decision processes. In M.J WOOLDRIDGE AND M. VELOSO, Eds, *Artificial intelligence today. Recent trends and developments*, pages 111–152. Springer Verlag, Berlin, 1999.
- [BOT 99b] C. BOUTILIER, T. DEAN AND S. HANKS. Decision-theoretic planning: Structural assumptions and computational leverage. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 11:1–94, 1999.
- [BOT 00] C. BOUTILIER. Decision making under uncertainty: operations research meets AI (again). In *Proceedings of the 17th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-2000*, pages 1145–1150. AAAI Press, Menlo Park, 2000.

- [BOU 92] D. BOUYSSOU. Democracy and efficiency - A note on ‘Arrow’s theorem is not a surprising result’. *European Journal of Operational Research*, 58:427–430, 1992.
- [BOU 93] D. BOUYSSOU, P. PERNY, M. PIRLOT, A. TSOUKIÀS AND PH. VINCKE. A manifesto for the new MCDM era. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 2:125–127, 1993.
- [BOU 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.
- [BOU 02] D. BOUYSSOU AND M. PIRLOT. Non transitive decomposable conjoint measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 46:677–703, 2002.
- [BOU 03] D. BOUYSSOU. La crise de la recherche opérationnelle: 25 ans après. *Mathématiques et Sciences Humaines*, 161:7–27, 2003.
- [BOU 04a] D. BOUYSSOU AND M. PIRLOT. ‘Additive difference’ models without additivity and subtractivity. *Journal of Mathematical Psychology*, 48:263–291, 2004.
- [BOU 04b] D. BOUYSSOU AND M. PIRLOT. Preferences for multiattributed alternatives: Traces, dominance, and numerical representations. *Journal of Mathematical Psychology*, 48:167–185, 2004.
- [BOU 05a] D. BOUYSSOU AND M. PIRLOT. A characterization of concordance relations. *European Journal of Operational Research*, 167:427–443, 2005.
- [BOU 05b] D. BOUYSSOU AND M. PIRLOT. Following the traces: An introduction to conjoint measurement without transitivity and additivity. *European Journal of Operational Research*, 163:287–337, 2005.
- [BOU 06] D. BOUYSSOU, T. MARCHANT, M. PIRLOT, A. TSOUKIÀS AND PH. VINCKE. *Evaluation and decision models: stepping stones for the analyst*. Springer Verlag, Berlin, 2006.
- [BOW 04] K. BOWEN. Sixty years of operational research. *European Journal of Operational Research*, 153:618–623, 2004.
- [BRA 96] R.I. BRAFMAN AND M. TENNENHOLTZ. On the foundations of qualitative decision theory. In *Proceedings of the 13th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI96*, pages 1291–1296. MIT Press, Cambridge, 1996.

- [BRA 97] R.I. BRAFMAN AND M. TENNENHOLTZ. Modeling agents as qualitative decision makers. *Artificial Intelligence*, 94:217–268, 1997.
- [BRA 00] R.I. BRAFMAN AND M. TENNENHOLTZ. An axiomatic treatment of three qualitative decision criteria. *Journal of the ACM*, 47:452–482, 2000.
- [BRA 01] R.I. BRAFMAN AND N. FRIEDMAN. On decision-theoretic foundations for defaults. *Artificial Intelligence*, 133:1–33, 2001.
- [BRI 99] S.C. BRAILSFORD, C.N. POTTS AND B.M. SMITH. Constraint satisfaction problems: algorithms and applications. *European Journal of Operational Research*, 119:557–581, 1999.
- [CAP 98] A. CAPRARA, P. TOTH, D. VIGO AND M. FISCHETTI. Modeling and solving the crew rostering problem. *Operations Research*, 46:820–830, 1998.
- [CHA 55] A. CHARNES, W.W. COOPER AND R. FERGUSON. Optimal estimation of executive compensation by linear programming. *Management Science*, 1:138–151, 1955.
- [CHA 61] A. CHARNES AND W.W. COOPER. *Management models and industrial applications of linear programming*. J. Wiley, New York, 1961.
- [CHT 99] A. CHATEAUNEUF AND P.P. WAKKER. An axiomatization of cumulative prospect theory for decision under risk. *Journal of Risk and Uncertainty*, 18:137–145, 1999.
- [CHE 81] P. CHECKLAND. *Systems thinking, systems practice*. J. Wiley, New York, 1981.
- [CHE 90] P. CHECKLAND AND J. SCHOLDS. *Soft Systems Methodology in Action*. J. Wiley, New York, 1990.
- [CHI 66a] R.M. CHISHOLM AND E. SOSA. Intrinsic preferability and the problem of supererogation. *Synthese*, 16:321–331, 1966.
- [CHI 66b] R.M. CHISHOLM AND E. SOSA. On the logic of intrinsically better. *American Philosophical Quarterly*, 3:244–249, 1966.
- [CHU 57] C.W. CHURCHMAN, R.L. ACKOFF AND E.L. ARNOFF. *Introduction to Operations Research*. J. Wiley, New-York, 1957.
- [CHU 67] C.W. CHURCHMAN. Wicked problems. *Management Science*, 14:B141–B142, 1967.

- [COC 73] J.L. COCHRANE AND M. ZELENY. *Multiple Criteria Decision Making*. University of South Carolina Press, Columbia, 1973.
- [COH 72] M.D. COHEN, J.G. MARCH AND J.P. OLSON. A garbage can model of organizational choice. *Administrative Science Quarterly*, 17:1–25, 1972.
- [COH 80] M. COHEN AND J.-Y JAFFRAY. Rational behavior under complete ignorance. *Econometrica*, 48:1281–1299, 1980.
- [CON 85] MARQUIS DE CONDORCET. *Essai sur l'application de l'analyse à la probabilité des décisions rendues à la pluralité des voix*. Imprimerie Royale, Paris, 1785.
- [COW 67] R.W. CONWAY, W.L. MAXWELL AND L.W. MILLER. *Production scheduling*. Addison Wesley, Reading, 1967.
- [COO 58] C.H. COOMBS. On the use of inconsistency in preferences in psychological measurement. *Journal of Experimental Psychology*, 55:1–7, 1958.
- [CRO 69] J.D. CROSTON AND G. GREGORY. A critique of “Operational Research and Decision Making” by Adelson and Norman. *Operational Research Quarterly*, 20:215–220, 1969.
- [CYE 63] R.M. CYERT AND J.G. MARCH. *A Behavioral Theory of the Firm*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1963.
- [DAE 94] H.G. DAELLENBACH. *Systems and decision making. A management science approach*. J. Wiley, New York, 1994.
- [DAN 48] G.B. DANTZIG. Programming in a linear structure. USAF, Washington D.C., 1948.
- [DAN 51] G.B. DANTZIG. Application of the simplex method to a transportation problem. In T.C. KOOPMANS, Ed., *Activity analysis of production and allocation*, pages 359–373. J. Wiley, New York, 1951.
- [DAN 63] G.B. DANTZIG. *Linear Programming and Extensions*. Princeton University Press, Princeton, 1963.
- [DFN 36] B. DE FINETTI. La logique de la probabilité. In *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique a Paris 1935, Tome IV*, pages 1–9. Hermann et Cie, Paris, 1936.

- [DFN 37] B. DE FINETTI. La prévision: Ses lois logiques, ses sources subjectives. In *Annales de l'Institut Henri Poincaré* 7, pages 1–68. Paris, 1937. Translated into English by Henry E. Kyburg Jr., *Foresight: Its Logical Laws, its Subjective Sources*. In Henry E. Kyburg Jr. and Howard E. Smokler (1964, Eds.), *Studies in Subjective Probability*, 53–118, Wiley, New York.
- [DIA 04] L.C. DIAS AND A. TSOUKIÀS. On the constructive and other approaches in decision aiding. In C.A HENGELLER ANTUNES, J. FIGUEIRA AND J. CLÍMACO, Eds, *Proceedings of the 56th meeting of the EURO MCDA working group*, pages 13–28. CCDRC, Coimbra, 2004.
- [DOI 86] J.P DOIGNON, B. MONJARDET, M. ROUBENS AND PH. VINCKE. Biorder families, valued relations and preference modelling. *Journal of Mathematical Psychology*, 30:435–480, 1986.
- [DOY 85] J. DOYLE. Reasoned assumptions and Pareto optimality. In *Proceedings of the 9th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI85*, pages 87–90. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1985.
- [DOY 89] J. DOYLE. Constructive belief and rational representation. *Computational Intelligence*, 5:1–11, 1989.
- [DOY 90] J. DOYLE. Rationality and its roles in reasoning. In *Proceedings of the 8th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI'90)*, pages 1093–1100. MIT Press, Cambridge, 1990.
- [DOY 91a] J. DOYLE, Y. SHOHAM AND M.P. WELLMAN. A logic of relative desire. In *Methodologies for Intelligent Systems, 6th International Symposium, ISMIS 91*, pages 16–31. Springer-Verlag, Berlin, 1991.
- [DOY 91b] J. DOYLE AND M.P. WELLMAN. Impediments to universal preference-based default theories. *Artificial Intelligence*, 49:97–128, 1991.
- [DOY 94a] J. DOYLE. Reasoned assumptions and rational psychology. *Fundamenta Informaticae*, 20:35–73, 1994.
- [DOY 94b] J. DOYLE AND M.P. WELLMAN. Representing preferences as ceteris paribus comparatives. In *Decision-Theoretic Planning: Papers from the 1994 Spring AAAI Symposium*, pages 69–75. AAAI Press, Menlo Park, California, 1994.
- [DOY 99] J. DOYLE AND R.H THOMASON. Background to qualitative decision theory. *AI Magazine*, 20:55–68, 1999.

- [DUB 88] D. DUBOIS AND H. PRADE. *Théorie des possibilités: application à la représentation des connaissances en informatique*. Masson, Paris, 1988.
- [DUB 95] D. DUBOIS AND H. PRADE. Possibility theory as a basis for qualitative decision theory. In *Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI95*, pages 1924–1930. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1995.
- [DUB 96] D. DUBOIS, H. FARGIER AND H. PRADE. Possibility theory in constraint satisfaction problems: handling priority, preference and uncertainty. *Applied Intelligence*, 6:287–309, 1996.
- [DUB 02] D. DUBOIS, H. FARGIER, P. PERNY AND H. PRADE. Qualitative decision theory: from Savage’s axioms to non-monotonic reasoning. *Journal of the ACM*, 49:455–495, 2002.
- [DUS 41] B. DUSHNIK AND E.W. MILLER. Partially ordered sets. *American Journal of Mathematics*, 63:600–610, 1941.
- [EAS 91] S. EASTERBROOK. Handling conflict between domain descriptions with computer-supported negotiation. *Knowledge Acquisition*, 3:255–289, 1991.
- [EDE 83] C. EDEN, S. JONES AND D. SIMS. *Messing About in Problems*. Pergamon Press, Oxford, 1983.
- [EDE 88] C. EDEN. Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research*, 36:1–13, 1988.
- [EDW 54] W. EDWARDS. The theory of decision making. *Psychological Bulletin*, 41:380–417, 1954.
- [EHR 02] M. EHRGOTT AND X. GANDIBLEUX. *Multiple Criteria Optimization. State of the art annotated bibliographic surveys*. Kluwer Academic, Dordrecht, 2002.
- [EME 59] F. EMERY. Characteristics of socio-technical systems. Technical report, Tavistock Institute, Document 527, London, 1959.
- [EMR 62] R. EMERSON. Power dependence relations. *American Sociological Review*, 27:31–41, 1962.
- [EUL 36] L. EULER. *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*. *Opera Omnia*, 7:128–140, 1736.

- [FAU 68] R. FAURE. *Éléments de la recherche opérationnelle*. Gauthier-Villars, Paris, 1968.
- [FAY 49] H. FAYOL. *General and Industrial Management*. Pitman and Sons, New York, 1949. First edition in 1916.
- [FES 64] L. FESTINGER. *Conflict, decision and dissonance*. Stanford University Press, Stanford, 1964.
- [FIK 71] R. FIKES AND N. NILSSON. Strips: A new approach to the application of theorem proving to problem solving. *Artificial Intelligence*, 2:189–208, 1971.
- [FIS 70] P.C. FISHBURN. *Utility Theory for Decision Making*. Wiley, New York, 1970.
- [FIS 82] P.C. FISHBURN. Nontransitive measurable utility. *Journal of Mathematical Psychology*, 26:31–67, 1982.
- [FIS 85] P.C. FISHBURN. *Interval Orders and Interval Graphs*. J. Wiley, New York, 1985.
- [FLO 56] M.M. FLOOD. The travelling-salesman problem. *Operations Research*, 6:61–75, 1956.
- [FOD 94] J. FODOR AND M. ROUBENS. *Fuzzy preference modelling and multi-criteria decision support*. Kluwer Academic Publishers, 1994.
- [FOF 62] L.R. FORD AND D.R. FULKERSON. *Flows in Networks*. Princeton University Press, Princeton, 1962.
- [FOR 02] PH.. FORTEMPS AND R. SLOWINSKI. A graded quadrivalent logic for ordinal preference modelling: Loyola-like approach. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 1:93–111, 2002.
- [FRE 88] S. FRENCH. *Decision theory - An introduction to the mathematics of rationality*. Ellis Horwood, Chichester, 1988.
- [FRI 69] J.K. FRIEND AND W.N. JESSOP. *Local Government and Strategic Choice*. Tavistock Publications, London, 1969.
- [FRI 87] J.K. FRIEND AND A. HICKLING. *Planning under pressure: the strategic choice approach*. Pergamon Press, New York, 1987.
- [GRD 88] P. GÄRDENFORS. *Knowledge in flux*. MIT Press, Cambridge, 1988.

- [GRD 94] P. GÄRDENFORS AND D. MAKINSON. Nonmonotonic inference based on expectations. *Artificial Intelligence*, 65:197–245, 1994.
- [GAR 79] M. GAREY AND D. JOHNSON. *Computers and Intractability*. Freeman and Co., New York, 1979.
- [GDN 97] L.R. GARDINER AND D. VANDERPOOTEN. Interactive multiple criteria procedures: Some reflections. In J.N. CLÍMACO, Ed., *Multicriteria Analysis*, pages 290–301. Springer Verlag, Berlin, 1997.
- [GAS 58] S.I. GASS. *Linear Programming: Methods and Applications*. Mc Graw Hill, New York, 1958.
- [GAS 05] S.I. GASS AND A.A. ASSAD. *An Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History*. Springer Verlag, Berlin, 2005.
- [GEN 02] J.-L. GENARD AND M. PIRLOT. Multiple criteria decision aid in a philosophical perspective. In D. BOYSSOU, E. JACQUET-LAGRÈZE, P. PERNY, R. SLOWINSKI, D. VANDERPOOTEN AND PH. VINCKE, Eds, *Aiding decisions with multiple criteria: essays in honour of Bernard Roy*, pages 89–117. Kluwer Academic, Dordrecht, 2002.
- [GEO 68] A.M. GEOFFRION. Proper efficiency and the theory of vector optimisation. *Journal of Mathematical Analysis and Application*, 22:618–630, 1968.
- [GEO 73] A.M. GEOFFRION, J.S. DYER AND A. FEINBERG. An interactive approach for multicriteria optimization with an application to the operation of an academic department. *Management Science*, 19:357–369, 1973.
- [GIL 89] I. GILBOA AND D. SCHMEIDLER. Maxmin expected utility with a non-unique prior. *Journal of Mathematical Economics*, 18:141–153, 1989.
- [GIL 93] I. GILBOA AND D. SCHMEIDLER. Updating ambiguous beliefs. *Journal of Economic Theory*, 59:33–49, 1993.
- [GIL 01] I. GILBOA AND D. SCHMEIDLER. A cognitive model of individual well-being. *Social Choice and Welfare*, 12:269–288, 2001.
- [GIL 02a] I. GILBOA AND D. SCHMEIDLER. A cognitive foundation of probability. *Mathematics of Operations Research*, 27:68–81, 2002.
- [GIL 02b] I. GILBOA, D. SCHMEIDLER AND P.P. WAKKER. Utility in case-based decision theory. *Journal of Economic Theory*, 105:483–502, 2002.

- [GLO 86] F. GLOVER. Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers and Operations Research*, 13:533–549, 1986.
- [GLO 97] F. GLOVER AND M. LAGUNA. *Tabu Search*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1997.
- [GOF 68] E. GOFFMAN. *Asylums; essays on the social situation of mental patients and other inmates*. Alding Publishing Co., Chicago, 1968.
- [GOL 89] D.E. GOLDBERG. *Genetic algorithms in search, optimisation and machine learning*. Addison Wesley, Reading, 1989.
- [GOO 98] P. GOODWIN AND G. WRIGHT. *Decision Analysis for Management Judgment*. J. Wiley, New York, 1998. Second Edition.
- [GRA 95] M. GRABISCH, H.T NGUYEN AND E.A WALKER. *Fundamentals of uncertainty calculi, with applications to fuzzy inference*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1995.
- [GRA 00] M. GRABISCH, T. MUROFUSHI, M. SUGENO AND J. KACPRZYK. *Fuzzy Measures and Integrals. Theory and Applications*. Physica Verlag, Berlin, 2000.
- [GRE 99] S. GRECO, B. MATARAZZO AND R. SLOWINSKI. The use of rough sets and fuzzy sets in MCDM. In T. GAL, T. STEWART AND T. HANNE, Eds, *Advances in MCDM models, Algorithms, Theory, and Applications*, pages 14.1–14.59. Kluwer Academic, Dordrecht, 1999.
- [HAB 90] J. HABERMAS. *Logic of the social sciences*. MIT Press, Boston, 1990.
- [HAL 57] S. HALLDÉN. *On the Logic of Better*. Library of Theoria, Lund, 1957.
- [HAN 66a] B. HANSSON. Choice structures and preference relations. *Synthese*, 18:443–458, 1966.
- [HAN 66b] B. HANSSON. Fundamental axioms for preference relations. *Synthese*, 18:423–442, 1966.
- [HAR 65] J. HARTMANIS AND R.E STEARNS. On the computational complexity of algorithms. *Transactions of the American Mathematical Society*, 117:285–305, 1965.
- [HAN 68] P.E. HART, N.J. NILSSON AND B. RAPHAEL. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4:100–107, 1968.

- [HAT 92] A. HATCHUEL AND B. WEIL. *L'expert et le système*. Economica, Paris, 1992.
- [HIL 67] F.S. HILLIER AND G.J. LIEBERMAN. *Introduction to Operations Research*. Holden Day, Oakland, 1967.
- [HIP 71] R. HILPINEN. *Deontic logic: introductory and systematic readings*. Reidel, Dordrecht, 1971.
- [HUB 74] O. HUBER. An axiomatic system for multidimensional preferences. *Theory and Decision*, 5:161–184, 1974.
- [HUM 83] P.C. HUMPHREYS, O. SVENSON AND A. VÁRI. *Analysis and aiding decision processes*. North-Holland, Amsterdam, 1983.
- [JQL 82] E. JACQUET-LAGRÈZE AND Y. SISKOS. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: the UTA method. *European Journal of Operational Research*, 10:151–164, 1982.
- [JAF 88] J.Y. JAFFRAY. Choice under risk and the security factor: An axiomatic model. *Theory and Decision*, 24:169–200, 1988.
- [JAF 89] J.Y. JAFFRAY. Utility theory for belief functions. *Operations Research Letters*, 8:107–112, 1989.
- [JAF 93] J.-Y. JAFFRAY AND P.P. WAKKER. Decision making with belief functions: Compatibility and incompatibility with the sure-thing principle. *Journal of Risk and Uncertainty*, 7:255–271, 1993.
- [JAU 88] B. JAUMARD, S.O. PENG AND B. SIMEONE. A selected artificial intelligence bibliography for operations researchers. *Annals of Operations Research*, 12:1–50, 1988.
- [JEF 65] R.C. JEFFREY. *The logic of decision*. Mc. Graw Hill, New York, 1965.
- [JOU 98] P. JOURNÉE, P. PERNY AND D. VANDERPOOTEN. A multicriteria methodology for the verification of arms control agreements in Europe. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 23(2):64–85, 1998.
- [KAC 88] J. KACPRZYK AND M. ROUBENS. *Non Conventional Preference Relations in Decision Making*. Springer Verlag, LNAMES n. 301, Berlin, 1988.
- [KAH 79] D. KAHNEMAN AND A. TVERSKY. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47:263–291, 1979.

- [KAH 81] D. KAHNEMAN, P. SLOVIC AND A. TVERSKY. *Judgement under uncertainty - Heuristics and biases*. Cambridge University Press, Cambridge, 1981.
- [KAH 02] D. KAHNEMAN AND S. FREDERICK. Representativeness revisited: Attribute substitution in intuitive judgment. In T. GILOVICH, D. GRIFFIN AND D. KAHNEMAN, Eds, *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*, pages 49–81. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.
- [KAH 03] D. KAHNEMAN. A perspective on judgment and choice: Mapping bounded rationality. *American Psychologist*, 58:697–720, 2003.
- [KAN 39] L.V. KANTOROVICH. *Mathematical methods in the organisation and planning of production*. Publication House of the Leningrad State University, Leningrad, 1939. Translated into english in: *Management Science*, vol. 6, 1960, 366–422.
- [KAR 75] R.H. KARP. On the complexity of combinatorial problems. *Networks*, 5:44–68, 1975.
- [KAS 03] J.X. KASPERSON, R.E. KASPERSON, N. PIDGEON AND P. SLOVIC. The social amplification of risk: Assessing fifteen years of research and theory. In N. PIDGEON, R.E. KASPERSON AND P. SLOVIC, Eds, *The social amplification of risk*, pages 13–46. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
- [KEE 76] R.L. KEENEY AND H. RAIFFA. *Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*. J. Wiley, New York, 1976.
- [KEE 92] R.L. KEENEY. *Value-Focused Thinking. A Path to Creative Decision Making*. Harvard University Press, Cambridge, 1992.
- [KEE 99] R.L. KEENEY, J.S. HAMMOND AND H. RAIFFA. *Smart Choices: A Guide to Making Better Decisions*. Harvard University Press, Boston, 1999.
- [KEL 78] J.S. KELLY. *Arrow Impossibility Theorems*. Academic Press, New York, 1978.
- [KEL 91] J.S. KELLY. Social choice bibliography. *Social Choice and Welfare*, 8:97–169, 1991.
- [KIR 02] M.W. KIRBY. *A history of Operational Research in Britain*. World Scientific, London, 2002.

- [KIT 93] J. KITAINIK. *Fuzzy decision procedures with binary relations*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1993.
- [KOL 33] A.N. KOLMOGOROV. *Grundbegriffe der Warscheinlichkeitsrechnung*. Springer, Berlin, 1933. Translated into English by Nathan Morrison (1950), *Foundations of the Theory of Probability*, Chelsea, New York. Second English edition 1956.
- [KOO 56] B.O. KOOPMAN. Fallacies in operations research. *Operations Research*, 3:422–426, 1956.
- [KRA 71] D.H. KRANTZ, R.D. LUCE, P. SUPPES AND A. TVERSKY. *Foundations of measurement*, volume 1: Additive and polynomial representations. Academic Press, New York, 1971.
- [KRA 90] S. KRAUS, D. LEHMANN AND M. MAGIDOR. Nonmonotonic reasoning, preferential models and cumulative logics. *Artificial Intelligence*, 44:167–207, 1990.
- [LAN 83a] M. LANDRY, J.L. MALOUIN AND M. ORAL. Model validation in operations research. *European Journal of Operational Research*, 14:207–220, 1983.
- [LAN 83b] M. LANDRY, D. PASCOT AND D. BRIOLAT. Can DSS evolve without changing our view of the concept of problem? *Decision Support Systems*, 1:25–36, 1983.
- [LAN 87] M. LANDRY. Les rapports entre la complexité et la dimension cognitive de la formulation des problèmes. In *L'aide à la décision dans l'organization*, AFCET, Paris, pages 3–31, 1987.
- [LAN 95] M. LANDRY. A note on the concept of problem. *Organization Studies*, 16:315–343, 1995.
- [LAN 96] M. LANDRY, C. BANVILLE AND M. ORAL. Model legitimisation in operational research. *European Journal of Operational Research*, 92:443–457, 1996.
- [LAR 95] O.I. LARICHEV AND H.M. MOSKOVICH. Unstructured problems and developmennt of prescriptive decision making methods. In P. PARDALOS, Y. SISKOS AND C. ZOPOUNIDIS, Eds, *Advances in Multicriteria Analysis*, pages 47–80. Kluwer Academic, Dordrecht, 1995.

- [LEM 77] J.-L. LE MOIGNE. *La Théorie du système général: Théorie de la modélisation*. Presses Universitaires de France, Paris, 1977.
- [LEH 96] D. LEHMANN. Generalized qualitative probability: Savage revisited. In *Proceedings of the 12th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, UAI96*, pages 381–388. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1996.
- [LEH 01a] D. LEHMANN. Expected qualitative utility maximization. *Games and Economic Behavior*, 35:54–79, 2001.
- [LEH 01b] D. LEHMANN. Nonmonotonic logics and semantics. *Journal of Logic and Computation*, 11:229–256, 2001.
- [LIC 69] W. LICHTENSTEIN, P. SLOVIC AND D. ZINK. Effect of instruction in expected value on optimality of gambling decisions. *Journal of Experimental Psychology*, 79:236–240, 1969.
- [LIC 71] W. LICHTENSTEIN AND P. SLOVIC. Reversals of preferences between bids and choices gambling decisions. *Journal of Experimental Psychology*, 89:46–55, 1971.
- [LIT 63] J.D.C. LITTLE, K.G. MURTY, D.W. SWEENEY AND C. KAREL. An algorithm for the travelling salesman problem. *Operations Research*, 11:972–989, 1963.
- [LUC 56] R.D. LUCE. Semiorders and a theory of utility discrimination. *Econometrica*, 24:178–191, 1956.
- [LUC 57] R.D. LUCE AND H. RAIFFA. *Games and Decisions*. J. Wiley, New York, 1957.
- [LUC 94] R.D. LUCE AND D. VON WINTERFELDT. What common ground exists for descriptive, prescriptive, and normative utility theories? *Management Science*, 40:263–279, 1994.
- [LUC 96] R.D. LUCE. The ongoing dialog between empirical science and measurement theory. *Journal of Mathematical Psychology*, 40:78–98, 1996.
- [MEL 78] J. MÉLÈSE. *Approche systémique des organisations*. Ed. Hommes et Techniques, Paris, 1978.
- [MAC 82] M.J MACHINA. Expected utility without the independence axiom. *Econometrica*, 50:277–323, 1982.

- [MAC 92] M.J MACHINA AND D. SCHMEIDLER. A more robust definition of subjective probability. *Econometrica*, 60:745–780, 1992.
- [MAC 95] M.J MACHINA AND D. SCHMEIDLER. Bayes without Bernoulli: Simple conditions for probabilistically sophisticated choice. *Journal of Economic Theory*, 67:106–128, 1995.
- [MAR 58] J.G. MARCH AND H.A. SIMON. *Organizations*. J.Wiley, New York, 1958.
- [MAY 54] K. O. MAY. Intransitivity, utility and the aggregation of preference patterns. *Econometrica*, 22:1–13, 1954.
- [MCC 69] J. MCCARTHY AND P.J. HAYES. Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence. In D. MICHIE, Ed., *Machine Intelligence*, vol. 4, pages 463–502. Edinburgh University Press, Edinburgh, 1969.
- [MIS 75] M. MINSKY. A framework for representing knowledge. In P.M WINSTON, Ed., *The Psychology of Computer Vision*, pages 211–277. McGraw Hill, New York, 1975.
- [MIN 76] H. MINTZBERG, D. RAISINGHANI AND A. THÉORET. The structure of unstructured decision processes. *Administrative Science Quarterly*, 21:246–272, 1976.
- [MIN 79] H. MINTZBERG. *The Structuring of Organizations*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1979.
- [MIN 83] H. MINTZBERG. *Power in and around organizations*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1983.
- [MON 76] H. MONTGOMERY AND O. SVENSON. On decision rules and information processing strategies for choices among multiattribute alternatives. *Scandinavian Journal of Psychology*, 17:283–291, 1976.
- [MON 83] H. MONTGOMERY. Decision rules and the search for a dominance structure: towards a process models of decision making. In P.C. HUMPHREYS, O. SVENSON AND A. VÁRI, Eds, *Analysing and aiding decision processes*, pages 343–369. North Holland, Amsterdam, 1983.
- [MOG 00] PH. MONGIN. Does optimisation implies rationality? *Synthese*, 124:73–111, 2000.

- [MOR 42] G. MORTON AND A.H. LAND. A contribution to the travelling-salesman problem. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 17:185–194, 1942.
- [MOS 84] J. MOSCAROLA. Organizational decision processes and ORASA intervention. In R. TOMLINSON AND I. KISS, Eds, *Rethinking the process of operational research and systems analysis*, pages 169–186. Pergamon Press, Oxford, 1984.
- [MUL 79] J.D. MULLEN. Does the logic of preference rest on a mistake? *Metaphilosophy*, 10:247–255, 1979.
- [NAS 50] J.F. NASH. The bargaining problem. *Econometrica*, 18:155–162, 1950.
- [NAS 51] J.F. NASH. Non cooperative games. *Annals of Mathematics*, 54:286–295, 1951.
- [NAU 95] R.F. NAU. Coherent decision analysis with inseparable probabilities and utilities. *Journal of Risk and Uncertainty*, 10:71–91, 1995.
- [NAU 01] R.F. NAU. De Finetti was right: Probability does not exist.. *Theory and Decision*, 51:89–124, 2001.
- [NEW 63] A. NEWELL AND H.A. SIMON. GPS, a program that simulates human thought. In E.A. FEIGENBAUM AND J. FELDMAN, Eds, *Computers and Thought*, pages 279–293. McGraw-Hill, New York, 1963.
- [NEW 72] A. NEWELL AND H.A. SIMON. *Human Problem Solving*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1972.
- [NIL 71] N.J. NILSSON. *Problem Solving Methods in Artificial Intelligence*. McGraw Hill, New York, 1971.
- [NIL 80] N. NILSSON. *Principles of Artificial Intelligence*. Tioga, Palo Alto, 1980.
- [NUR 87] H. NURMI. *Comparing voting systems*. D. Reidel, Dordrecht, 1987.
- [NUR 99] H. NURMI. *Voting paradoxes and how to deal with them?* Springer Verlag, Berlin, 1999.
- [NUT 97] D. NUTE. *Defeasible deontic logic*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1997.

- [OZT 05] M. ÖZTÜRK, A. TSOUKIÀS AND PH VINCKE. Preference modelling. In M. EHRGOTT, S. GRECO AND J. FIGUEIRA, Eds, *State of the Art in Multiple Criteria Decision Analysis*, pages 27 – 72. Springer Verlag, Berlin, 2005.
- [ORS 71] ORSA. Guidelines for the practice of operations research. *Operations Research*, 19:1123–1148, 1971.
- [OST 90] A. OSTANELLO. Action evaluation and action structuring - Different decision aid situations reviewed through two actual cases. In C.A. BANA E COSTA, Ed., *Readings in multiple criteria decision aid*, pages 36–57. Springer Verlag, Berlin, 1990.
- [OST 93] A. OSTANELLO AND A. TSOUKIÀS. An explicative model of ‘public’ interorganizational interactions. *European Journal of Operational Research*, 70:67–82, 1993.
- [PAP 82] C.H. PAPADIMITRIOU AND K. STEIGLITZ. *Combinatorial Optimisation, Algorithms and Complexity*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1982.
- [PAR 06] V. PARETO. *Manuale di Economia Politica*. Piccola Biblioteca Scientifica, Milan, 1906. Translated into English by Ann S. Schwier (1971), *Manual of Political Economy*, MacMillan, London.
- [PAS 99] E. PASCHETTA AND A. TSOUKIÀS. A real world MCDA application: Evaluating software. Technical report, Document du LAMSADE No 113, Université Paris-Dauphine, Paris, 1999.
- [PAW 94] Z. PAWLAK AND R. SLOWINSKI. Decision analysis using rough sets. *International Transactions on Operational Research*, 1:107–114, 1994.
- [PER 92] P. PERNY AND B. ROY. The use of fuzzy outranking relations in preference modelling. *Fuzzy Sets and Systems*, 49:33–53, 1992.
- [PER 98] P. PERNY AND A. TSOUKIÀS. On the continuous extension of a four valued logic for preference modelling. In *Proceedings of the IPMU 1998 conference, Paris*, pages 302–309, 1998.
- [PIR 96] M. PIRLOT. General local search methods. *European Journal of Operational Research*, 92:493–511, 1996.
- [PIR 97] M. PIRLOT AND PH. VINCKE. *Semi Orders*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1997.

- [POO 92] D. POOLE. Decision-theoretic defaults. In *Proceedings of the Ninth Biennial Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence*, pages 190–197. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1992.
- [POU 94] E.C. POULTON. *Behavioral decision theory: A new approach*. Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
- [QUI 93] J. QUIGGIN. *Generalized expected utility theory - The rank-dependent model*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1993.
- [RAI 69] H. RAIFFA. Preferences for multi-attributed consequences. Technical report, RM-5868-DOT, The RAND Corporation, Santa Monica, California, 1969.
- [RAM 31] F.P. RAMSEY. *Foundations of Mathematics and other Logical Essays*. Routledge & P. Kegan, London, 1931. Collection of papers published posthumously, edited by R.B Braithwaite.
- [RES 67] N. RESCHER. Semantic foundations for the logic of preference. In N. RESCHER, Ed., *The logic of decision and action*, pages 37–62. University of Pittsburgh, Pittsburgh, 1967.
- [RES 69] N. RESCHER. *Introduction to Value Theory*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1969.
- [RIV 94] P. RIVETT. *The craft of decision modelling*. J. Wiley, New York, 1994.
- [ROB 79] F.S. ROBERTS. *Measurement theory, with applications to Decision Making, Utility and the Social Sciences*. Addison-Wesley, Boston, 1979.
- [ROS 78] J. ROSENHEAD. An education in robustness. *Journal of the Operational Research Society*, 29:105–111, 1978.
- [ROS 89] J. ROSENHEAD. *Rational analysis of a problematic world*. J. Wiley, New York, 1989. 2nd revised edition in 2001.
- [ROS 96] J. ROSENHEAD. What’s the problem? an introduction to problem structuring methods. *Interfaces*, 26:117–131, 1996.
- [ROU 85] M. ROUBENS AND PH. VINCKE. *Preference Modeling*. LNEMS 250, Springer Verlag, Berlin, 1985.
- [ROY 68] B. ROY. Classement et choix en présence de points de vue multiples: La méthode ELECTRE. *Revue Francaise d’Informatique et de Recherche Opérationnelle*, 8:57–75, 1968.

- [ROY 85] B. ROY. *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Economica, Paris, 1985.
- [ROY 90] B. ROY. Decision-aid and decision-making. *European Journal of Operational Research*, 45:324–331, 1990.
- [ROY 91] B. ROY. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and Decision*, 31:49–73, 1991.
- [ROY 92] B. ROY. Science de la décision ou science de l'aide à la décision ? *Revue Internationale de Systémique*, 6:497–529, 1992.
- [ROY 93a] B. ROY. Decision science or decision-aid science? *European Journal of Operational Research*, 66:184–203, 1993.
- [ROY 93b] B. ROY AND D. BOUYSSOU. *Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas*. Economica, Paris, 1993.
- [ROY 94] B. ROY. On operational research and decision aid. *European Journal of Operational Research*, 73:23–26, 1994.
- [ROY 96] B. ROY. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1996.
- [RUS 95] S. RUSSEL AND P. NORVIG. *Artificial Intelligence: a modern approach*. Prentice Hall, New York, 1995.
- [SAA 80] T.L. SAATY. *The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York, 1980.
- [SAB 98] R. SABBADIN, H. FARGIER AND J. LANG. Towards qualitative approaches to multi-stage decision making. *International Journal of Approximate Reasoning*, 19:441–471, 1998.
- [SAB 01] R. SABBADIN. Possibilistic Markov decision processes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 14:287–300, 2001.
- [SAV 54] L.J. SAVAGE. *The Foundations of Statistics*. J. Wiley, New York, 1954. second revised edition, 1972.
- [SCH 85] A. SCHÄRLIG. *Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère*. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1985.
- [SCH 96] A. SCHÄRLIG. *Pratiquer Electre et Prométhée*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1996.

- [SCF 88] G. SCHAFFER. Savage revisited. In D. BELL, H. RAIFFA AND A. TVERSKY, Eds, *Decision Making: descriptive, normative and prescriptive interactions*, pages 193–235. Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
- [SCM 89] D. SCHMEIDLER. Subjective probability and expected utility without additivity. *Econometrica*, 57:571–587, 1989.
- [SCO 58] D. SCOTT AND P. SUPPES. Foundational aspects of theories of measurement. *Journal of Symbolic Logic*, 23:113–128, 1958.
- [SEN 70] A.K. SEN. *Collective Choice and Social Welfare*. North Holland, Amsterdam, 1970.
- [SEN 71] A.K. SEN. Choice functions and revealed preferences. *Review of Economic Studies*, 38:307–317, 1971.
- [SEN 86] A.K. SEN. Social choice theory. In K.J. ARROW AND M.D. INTRILIGATOR, Eds, *Handbook of mathematical economics*, volume 3, pages 1073–1181. North-Holland, Amsterdam, 1986.
- [SEN 93] A.K. SEN. Internal consistency of choice. *Econometrica*, 61:495–521, 1993.
- [SHE 64] R.N. SHEPARD. On subjectively optimum selection among multiattribute alternatives. In M.W. SHELLY AND G.L. BRYAN, Eds, *Human judgment and optimality*, pages 257–281. J. Wiley, New York, 1964.
- [SHO 87] Y. SHOHAM. Nonmonotonic logic: Meaning and utility. In *Proceedings of the 10th International Joint Conference in Artificial Intelligence, IJCAI87*, pages 388–393. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1987.
- [SIM 47] H.A. SIMON. *Administrative behaviour: a study of Decision Making Processes in Administrative Organizations*. Mac Millan, New York, 1947.
- [SIM 54] H.A. SIMON. A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of economics*, 69:99–118, 1954.
- [SIM 56] H.A. SIMON. Rational choice and the structure of the environment. *Psychological Review*, 63:129–138, 1956.
- [SIM 57] H.A. SIMON. A behavioural model of rational choice. In H.A. SIMON, Ed., *Models of man: social and rational; mathematical essays on rational human behavior in a social setting*, pages 241–260. J. Wiley, New York, 1957.

- [SIM 69] H.A. SIMON. *The science of the artificial*. MIT Press, Cambridge, 1969.
- [SIM 76] H.A. SIMON. From substantial to procedural rationality. In S.J. LATSIS, Ed., *Method and Appraisal in Economics*, pages 129–148. Cambridge University Press, Cambridge, 1976.
- [SIM 79] H.A. SIMON. Rational decision making in business organisations. *American Economic Review*, 69:493–513, 1979.
- [SLO 68] P. SLOVIC AND S. LICHTENTSTEIN. The relative importance of probabilities and payoffs in risk taking. *Journal of Experimental Psychology Monographs*, 78:1–18, 1968.
- [SLO 02] P. SLOVIC, M. FINUCANE, E. PETERS AND D.G. MACGREGOR. Rational actors or rational fools? implications of the affect heuristic for behavioral economics. *The Journal of Socio-Economics*, 31:329–342, 2002.
- [SLW 90] R. SLOWINSKI AND J. TEGHEM, Eds. *Stochastic versus Fuzzy approaches to Multiobjective Mathematical Programming under uncertainty*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1990.
- [SLW 98] R. SLOWINSKI, Ed.. *Fuzzy sets in decision analysis, operations research and statistics*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1998.
- [STA 03] I. STAMELOS AND A. TSOUKIÀS. Software evaluation problem situations. *European Journal of Operational Research*, 145:273–286, 2003.
- [STE 03] TH.J. STEWART AND F.B. LOSA. Towards reconciling outranking and value measurement practice. *European Journal of Operational Research*, 145:645–659, 2003.
- [STR 67] J. STRINGER. Operational research for multi-organizations. *Operational Research Quarterly*, 8:5–20, 1967.
- [SVE 96] O. SVENSON. Decision making and the search for fundamental psychological regularities: what can we learn from a process perspective? *Organisational Behaviour and Human Decision Processes*, 65:252–267, 1996.
- [TAN 94] S.W. TAN AND J. PEARL. Qualitative decision theory. In *Proceeding of the 12th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI94*, pages 928–933. MIT Press, Cambridge, 1994.
- [TAY 11] F.W. TAYLOR. *The principles of Scientific Management*. Harper and Row, New York, 1911.

- [TAY 95] A. TAYLOR. *Mathematics and Politics: Strategy, Voting, Power, and Proof*. Springer Verlag, Berlin, 1995.
- [TRI 93] E. TRIST AND H. MURRAY. *The Social engagement of social science: a Tavistock anthology, vol. 2*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1993.
- [TSA 93] C. TSANG. *Foundations of Constraint Satisfaction*. Academic Press, New York, 1993.
- [TSO] A. TSOUKIÀS. On the concept of decision aiding process. *Annals of Operations Research*. To appear; appeared previously as DIMACS 2003-38 technical report, Rutgers University.
- [TSO 95] A. TSOUKIÀS AND PH. VINCKE. A new axiomatic foundation of partial comparability. *Theory and Decision*, 39:79–114, 1995.
- [TSO 02] A. TSOUKIÀS, P. PERNY AND PH. VINCKE. From concordance/discordance to the modelling of positive and negative reasons in decision aiding. In D. BOUYSSOU, E. JACQUET-LAGRÈZE, P. PERNY, R. SLOWINSKI, D. VANDERPOOTEN AND PH. VINCKE, Eds, *Aiding Decisions with Multiple Criteria: Essays in Honour of Bernard Roy*, pages 147–174. Kluwer Academic, Dordrecht, 2002.
- [TUR 37] A. TURING. On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 42:230–265, 1937.
- [TUR 50] A. TURING. Computing machinery and intelligence. *Mind*, 49:433–460, 1950.
- [TVE 67] A. TVERSKY. Additivity, utility and subjective probability. *Journal of Mathematical Psychology*, 4:175–201, 1967.
- [TVE 69] A. TVERSKY. Intransitivity of preferences. *Psychological Review*, 76:31–48, 1969.
- [TVE 72] A. TVERSKY. Elimination by aspects: A theory of choice. *Psychological Review*, 79:281–299, 1972.
- [TVE 77a] A. TVERSKY. Features of similarity. *Psychological Review*, 84:327–352, 1977.

- [TVE 77b] A. TVERSKY. On the elicitation of preferences: Descriptive and prescriptive considerations. In D. BELL, R.L. KEENEY AND H. RAIFFA, Eds, *Conflicting objectives in Decisions*, pages 209–222. J. Wiley, New York, 1977.
- [TVE 81] A. TVERSKY AND D. KAHNEMAN. The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211:453–458, 1981.
- [TVE 93] A. TVERSKY AND I. SIMONSON. Context-dependent preferences. *Management Science*, 39:1179–1189, 1993.
- [ULU 94] E.L. ULUNGU AND J. TEGHEM. Multi-objective combinatorial optimization: a survey. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 3:83–104, 1994.
- [VAJ 56] S. VAJDA. *The theory of games and linear programming*. J. Wiley, New York, 1956.
- [VAL 00] P. VALLIN AND D. VANDERPOOTEN. *Aide à la décision : une approche par les cas*. Ellipses, Paris, 2000. 2e édition, 2002.
- [VAN 89b] D. VANDERPOOTEN AND PH. VINCKE. Description and analysis of some representative interactive multicriteria procedures. *Mathematical and Computer Modelling*, 12:1221–1238, 1989.
- [VAN 02] D. VANDERPOOTEN. Modelling in decision aiding. In D. BOUYSSOU, E. JACQUET-LAGRÈZE, P. PERNY, R. SLOWINSKI, D. VANDERPOOTEN AND PH. VINCKE, Eds, *Aiding Decisions with Multiple Criteria: Essays in Honour of Bernard Roy*, pages 195–210. Kluwer Academic, Dordrecht, 2002.
- [VNH 89a] P. VAN HENTENRYCK. *Constraint satisfaction in logic programming*. MIT Press, Cambridge, 1989.
- [VIN 82a] PH. VINCKE. Aggregation of preferences: a review. *European Journal of Operational Research*, 9:17–22, 1982.
- [VIN 82b] PH. VINCKE. Arrow’s theorem is not a surprising result. *European Journal of Operational Research*, 10:22–25, 1982.
- [VIN 92] PH. VINCKE. *Multicriteria Decision-Aid*. J. Wiley, New York, 1992.
- [VNM 44] J. VON NEUMANN AND O. MORGENSTERN. *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press, Princeton, 1944. Second edition in 1947, third in 1954.

- [VWN 86] D. VON WINTERFELDT AND W. EDWARDS. *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
- [VWR 63] G.H VON WRIGHT. *The logic of preference*. Edinburgh University Press, Edinburgh, 1963.
- [VWR 72] G.H VON WRIGHT. The logic of preference reconsidered. *Theory and Decision*, 3:140–169, 1972.
- [WAK 89] P.P. WAKKER. *Additive representations of preferences - A new foundation of decision analysis*. Kluwer Academic, Dordrecht, 1989.
- [WAK 93] P.P. WAKKER AND A. TVERSKY. An axiomatization of cumulative prospect theory. *Journal of Risk and Uncertainty*, 7:147–176, 1993.
- [WAK 02] P.P. WAKKER AND H. ZANK. A simple preference-foundation of cumulative prospect theory with power utility. *European Economic Review*, 46:1253–1271, 2002.
- [WAT 67] P. WATZLAWICK, J.H. BEAVIN AND D.D. JACKSON. *Pragmatics of Human Communication*. W.W. Norton, New York, 1967.
- [WAT 74] P. WATZLAWICK, J.H. WEAKLAND AND R. FISCH. *Change; principles of problem formation and problem resolution*. Norton, New York, 1974.
- [WAT 83] P. WATZLAWICK. *The situation is hopeless, but not serious: (the pursuit of unhappiness)*. Norton, New York, 1983.
- [WEB 22] M. WEBER. *Wirtschaft und Gesellschaft*. Mohr, Tubingen, 1922.
- [WEB 90] E.U. WEBER AND O. ÇOSKUNOĞLU. Descriptive and prescriptive models of decision making: implications for the development of decision aid. *IEEE Transactions on Systems, Mans and Cybernetics*, 20:310–317, 1990.
- [WEL 91] M.P. WELLMAN AND J. DOYLE. Preferential semantics for goals. In *Proceedings of the 9th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI91*, pages 698–703. AAAI Press, Menlo Park, 1991.
- [WEY 84] J.A WEYMARK. Arrow’s theorem with social quasi-orderings. *Public Choice*, 42:235–246, 1984.
- [WHI 75] D.J. WHITE AND K. BOWEN. *The role and effectiveness of theories of decision in practice*. Hodder and Stoughton, London, 1975.
- [WIE 48] N. WIENER. *Cybernetics*. MIT Press, Cambridge, 1948.

- [ZAD 65] L.A. ZADEH. Fuzzy sets. *Information Control*, 8:338–353, 1965.
- [ZAD 78] L.A. ZADEH. Fuzzy sets as a basis for theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1:3–28, 1978.
- [ZEL 73] M. ZELENY. Compromise programming. In J. L. COCHRANE AND M. ZELENY, Eds, *Multiple Criteria Decision Making*, pages 262–301. University of South Carolina Press, Columbia, SC, 1973.