



HAL
open science

Un cadre possibiliste pour l'aide à la décision multicritère et multi-acteurs - Application au marketing et au benchmarking de sites e-commerce

Afef Denguir

► **To cite this version:**

Afef Denguir. Un cadre possibiliste pour l'aide à la décision multicritère et multi-acteurs - Application au marketing et au benchmarking de sites e-commerce. Autre [cs.OH]. Université de Savoie, 2007. Français. NNT: . tel-00258010

HAL Id: tel-00258010

<https://theses.hal.science/tel-00258010>

Submitted on 20 Feb 2008

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

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

THESE

présentée par

AFEF DENGUIR-REKIK

pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Savoie

Spécialité : Electronique, Electrotechnique et Automatique

Un Cadre Possibiliste pour l'Aide à la Décision Multicritère et Multi-acteurs Application au Marketing et au Benchmarking de sites E-commerce

Soutenue publiquement le 12 mars 2007 devant le jury composé de :

Danièle HERIN : Professeur - Université Montpellier II : Président de jury

Henri PRADE : Directeur de recherche CNRS - I. R. I. Toulouse : Rapporteur

Constantin ZOPOUNIDIS : Professeur - Technical University of Crete : Rapporteur

Raymond BILDORFF : Professeur - University of Luxembourg : Examineur

Jacky MONTMAIN : Professeur - LGI2P- Ecole des Mines d'Alès : Directeur de thèse

Gilles MAURIS : MCF - LISTIC- Université de Savoie : Co-directeur de thèse

Préparée au laboratoire LGI2P de l'Ecole des Mines d'Alès

©Université de Savoie

A mes parents qui m'ont offert l'opportunité de faire des études,
A mon mari pour son éternel soutien,
Et au petit ange M. Yazid

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Jacky Montmain et Gilles Mauris pour leur encadrement, leurs nombreux conseils et leur soutien constant tout au long de ma thèse. Je les remercie chaleureusement d'avoir encadré ce travail de thèse, avec beaucoup de compétence, d'enthousiasme et de disponibilité. Merci Jacky et Gilles pour vos conseils, votre optimisme et la confiance que vous m'avez accordée au cours de ces années.

Je remercie Messieurs Henri Prade et Constantin Zoupounidis d'avoir accepté d'être rapporteurs de ma thèse, ainsi que pour leurs jugements très pertinents sur mon manuscrit, tant sur le fond que sur la forme. Madame Danièle Hérin et Monsieur Raymond Bissdorf m'ont fait l'honneur de faire partie de mon jury de thèse, je leur exprime ma profonde gratitude.

Je remercie tous les chercheurs, enseignants et membres du personnel du laboratoire LGI2P pour leur amitié et leur aide pendant ces trois années de thèse. Un grand merci à toute l'équipe du LISTIC pour son accueil chaleureux durant ces années. Notamment Sylvie Cruvillier et Valérie Braesch pour leur disponibilité et leur sympathie.

Je tiens enfin à remercier tous les amis, qui m'ont aidé au cours des trois ans de cette thèse. Je tiens à remercier en particulier Saber, Désiré, Kamel, Sofiane, Karim, Oussama, ... Un grand merci à Imane qui a su jusqu'au dernier moment par sa gentillesse et sa bonne humeur m'encourager et me soutenir.

Enfin, je remercie mes parents pour leur soutien sans faille et permanent durant ces années, mes frères et sœurs et tout particulièrement Ines et mes beaux parents pour leur aide.

Je ne remercierai jamais assez mon mari Yacine, sans qui l'accomplissement de cette thèse n'aurait pas eu lieu dans ces délais. Durant cette période particulièrement dure pour notre vie de famille, il a toujours été là pour moi. Je tiens à leur dédier cette thèse.

Le moment est venu de revenir sur terre et de partager à nouveau mon temps avec Yacine et le tant attendu M Yazid.

Table des matières

Introduction générale	1
Objectifs et motivation : Cadre général	1
Cadre de la recherche et démarche suivie	2
Problématiques et questions de recherche	3
Originalité et contribution	3
Organisation du mémoire	4
1 Modélisation d'un processus d'aide à la décision multicritère et multi-acteurs en environnement incertain	7
1.1 Introduction	8
1.2 Gérer de l'information dans un contexte d'aide à la décision : formaliser, évaluer et recommander	9
1.2.1 La décision, un Processus : le modèle IDCR de Simon	9
1.2.2 L'aide à la décision : représenter explicitement une situation pour recommander	12
1.2.3 Conclusion	14
1.3 Processus d'aide à la décision multi-acteurs et multicritère	14
1.3.1 Contexte multi-acteurs	15
1.3.2 Contexte multicritère	17
1.3.3 Les opérateurs d'agrégation dans l'aide à la décision multicritère	20
1.3.4 L'explication dans le contexte multicritère et multi-acteurs	21
1.4 Illustration : Exemples de situations de décision multicritère et multi-acteurs	22
1.4.1 Le "Films recommander" : évaluer, comparer et recommander	23
1.4.1.1 Description	23
1.4.1.2 Apport et limites	27
1.4.2 Explication et légitimation de choix stratégiques : cas du projet EtLD	28
1.4.2.1 Description	28
1.4.2.2 Apport et limites	32
1.4.3 Conclusion	34
1.5 Gestion de l'incertitude	34
1.5.1 Caractérisation de l'incertitude	35
1.5.2 Description des données relatives à l'aspect multi-acteurs et l'évaluation multicritère	36
1.5.2.1 Données imprécises	36
1.5.2.2 Données inconsistantes	37

1.5.2.3	Conclusion	37
1.5.3	Intérêt des distributions pour modéliser l'imperfection des évaluations	37
1.6	Modèle retenu pour le processus d'aide à la décision multi-acteurs et multicritère	39
1.7	Conclusion du chapitre	42
2	Traitements possibilistes d'évaluations multicritère et multi-acteurs : Description - Agrégation - Explication	45
2.1	Introduction	46
2.2	Mise en forme des informations brutes : représentation par distributions de possibilité	47
2.2.1	Position du problème	47
2.2.2	Généralités sur la théorie des possibilités	48
2.2.2.1	Les mesures de possibilité et de nécessité	48
2.2.2.2	Possibilité, probabilité et croyance	49
2.2.2.3	Représentation des distributions de possibilité	50
2.2.3	Description des distributions par des indicateurs	52
2.2.3.1	Principe de l'approche	52
2.2.3.2	Indicateur de position	52
2.2.3.3	Indicateur d'imprécision moyenne	54
2.2.3.4	Indicateur de divergence	56
2.2.3.5	Indicateur d'asymétrie	58
2.3	Propagation des distributions par l'intégrale de Choquet	60
2.3.1	Rappel sur l'intégrale de Choquet	60
2.3.2	Propagation des distributions de possibilité avec l'intégrale de Choquet	62
2.3.3	Propagation des indicateurs de description des distributions de possibilité	66
2.3.3.1	Propagation de l'indicateur de position	70
2.3.3.2	Propagation de l'indicateur d'imprécision moyenne	72
2.3.3.3	Propagation de l'indicateur de divergence	73
2.3.3.4	Propagation de l'indicateur d'asymétrie	76
2.3.3.5	Bilan	76
2.4	Explication et Évaluation globale	77
2.4.1	Contributions marginales des distributions des évaluations partielles	77
2.4.2	Contributions marginales : indicateurs d'aide à la décision	79
2.4.2.1	Cas de l'indicateur de position	80
2.4.2.2	Cas de l'indicateur d'imprécision moyenne	81
2.4.2.3	Cas de l'indicateur de divergence	82
2.4.2.4	Cas de l'indicateur d'asymétrie	83
2.4.3	Exemple récapitulatif	83
2.5	Explication et Comparaison	85
2.5.1	Comparaison des distributions	85
2.5.2	Explication de la comparaison par les indicateurs	87

2.5.2.1	Cas de l'indicateur de position	89
2.5.2.2	Cas de l'indicateur d'imprécision moyenne	90
2.5.2.3	Cas de l'indicateur d'asymétrie	90
2.5.2.4	Exemple	91
2.5.2.5	Cas de l'indicateur de divergence	91
2.6	Explication et conseil d'action	92
2.7	Conclusion du chapitre	94
3	Application au marketing et au benchmarking de sites e-commerce	95
3.1	Introduction	96
3.2	Les activités de marketing et de benchmarking dans le e-commerce	98
3.2.1	Définition	98
3.2.2	Critères d'évaluation et de mesure d'efficacité des sites de e-commerce	98
3.2.3	Les activités de marketing dans le e-commerce	99
3.2.4	Les activités de benchmarking dans le e-commerce	99
3.2.5	Mesure de la satisfaction des consommateurs	100
3.3	La e-recommandation	102
3.3.1	État de l'art sur les différents types de systèmes de recommandation	102
3.3.2	Cas d'application : Ciao.com	105
3.3.3	Notre vision de la e-recommandation	107
3.4	Étude de terrain et analyse des fonctionnalités existantes	108
3.4.1	Études de terrain	108
3.4.2	Analyse des réponses obtenues	108
3.4.2.1	Importance des retours d'expériences	108
3.4.2.2	L'aspect multicritère dans la e-recommandation	109
3.4.2.3	L'aspect multi-acteurs dans la e-recommandation	111
3.4.2.4	L'intérêt de la prise en compte de l'incertitude	112
3.4.3	Bilan et proposition	115
3.4.3.1	Synthèse de l'étude de terrain	115
3.4.3.2	Notre formalisation de la relation sites de e-commerce/ e-recommandation	115
3.5	Description du support d'aide à la décision réalisé : Feedbacks Based Recommendation System : FBRS	117
3.5.1	Présentation et fonctionnalités. Modèle UML du FBRS	117
3.5.2	Système Inputs	118
3.5.2.1	Paramètres de l'opérateur d'agrégation	118
3.5.2.2	Traitement des données du FBRS	120
3.5.3	Système Outputs	123
3.5.3.1	L'évaluation globale	123
3.5.3.2	Indicateurs de marketing et de benchmarking : diagnostic et pilotage	131

3.6 Conclusion du chapitre	142
Conclusion générale	143
A Construction des distributions de possibilité	147
B Propagation des distributions de possibilité par l'intégrale de Choquet	151
C Marketing et benchmarking dans le e-commerce	157
C.1 Le e-commerce	157
C.1.1 Définition	157
C.1.2 Typologie du e-commerce	158
C.1.3 Critères d'évaluation et de mesure d'efficacité des sites de e-commerce .	160
C.1.4 Les activités de marketing dans le e-commerce	160
C.1.5 Les activités de benchmarking dans le e-commerce	162

Table des figures

1	Organisation de la thèse	6
1.1	Modèle de Simon pour le processus de décision	11
1.2	Acteurs du processus d'aide à la décision	16
1.3	Un exemple de site de "films recommander"	23
1.4	Concept de l'évaluation multicritère des films	25
1.5	Les différents niveaux d'agrégation	26
1.6	Le serveur de connaissance d'EtLD	31
1.7	Cartographie hiérarchisée dans EtLD	32
1.8	Comparaison d'alternatives	33
1.9	Modèle boîte noire du processus d'aide à la décision	40
1.10	Modèle éclaté du processus d'aide à la décision	40
1.11	Les différents formalismes	43
2.1	Évaluation-explication-comparaison	46
2.2	Exemple de F_* , F^* , E_* et E^*	50
2.3	Exemple de distribution de possibilité linéaire par morceaux	51
2.4	Formes considérées pour les distributions de possibilité des évaluations d'entrée	51
2.5	Indicateur de position	53
2.6	Disjonction des distributions multimodales	54
2.7	Indicateur de position dans le cas multimodal	54
2.8	Indicateur d'imprécision moyenne	55
2.9	Les cas extrêmes de l'imprécision moyenne	55
2.10	Deux exemples différents de divergence	56
2.11	Exemple de distribution enveloppe, cas où $m = 2$	57
2.12	Exemple de distribution bimodale	57
2.13	Asymétrie gauche et droite d'une distribution de possibilité	59
2.14	L'asymétrie dans le cas d'une distribution de possibilité bimodale	59
2.15	Exemple d'intersection ascendante	63
2.16	Distributions de possibilité des critères de l'exemple 1	64
2.17	Distribution propagée de l'exemple 1	65
2.18	Distributions de possibilité des critères de l'exemple 2	65
2.19	Distribution propagée de l'exemple 2	65
2.20	Principe de construction des distributions partielles	66
2.21	Les distributions partielles relatives à chaque domaine	67
2.22	Exemple de décomposition d'une distribution de possibilité	68

2.23	Découpage des critères dans le cas de multimodalité	71
2.24	Exemple de multimodalité en entrée et de monomodalité en sortie	74
2.25	Cas où la distribution agrégée est bimodale	74
2.26	Distributions de possibilité des critères de l'exemple 1	78
2.27	Distribution propagée de l'exemple 1	78
2.28	Principe de calcul de distributions de contributions de critère	78
2.29	Distributions de contributions de critère dans chaque domaine	79
2.30	Distributions des critères	84
2.31	Évaluation globale de Al	84
2.32	Les distributions propagées de Al^l et Al^q	86
2.33	La distribution résultante de la soustraction de Al^l et Al^q	86
2.34	Les distributions propagées de $Al^{l'}$ et $Al^{q'}$	87
2.35	La distribution résultante de la soustraction de $Al^{l'}$ et $Al^{q'}$	87
2.36	Distributions agrégées relatives à A et B	88
2.37	Distribution de la résultante de la soustraction A et B	88
2.38	Distribution de la résultante de la soustraction A et B dans le cas réel	89
2.39	Les distributions de contribution des évaluations partielles dans le domaine 1	90
2.40	Comparaison dans le cas de divergence	92
3.1	Évolution de l'utilisation de l'Internet en France	96
3.2	Vision des clients versus vision de l'entreprise (source LeadershipFactor (2004))	101
3.3	Exemple de e-commerce évalués sur le site "ciao.com"	105
3.4	Évaluations des membres de ciao d'un site de e-commerce	111
3.5	Les scores moyens via la moyenne arithmétique	111
3.6	Les aspects multi-acteurs dans le processus de e-recommandation	112
3.7	Évaluations en langage naturel du critère "vitesse de chargement"	113
3.8	Imprécision des scores des critères	114
3.9	Modèle de processus adopté	116
3.10	Feedbacks Based Recommendation System : FBRS	117
3.11	Modèle UML du FBRS : diagramme de classe	118
3.12	Entrée des paramètres de l'intégrale de Choquet	119
3.13	Distribution des évaluations du site "Pricemagic" selon le critère "Délai de livraison"	120
3.14	Distribution des évaluations du site "Pricemagic" selon le critère "Prix"	121
3.15	Distributions de possibilité pour "Pricemagic"	122
3.16	Distribution de possibilité bimodale pour le critère "Prix" pour le site "Good-Delly.com"	122
3.17	Évaluation globale de "Dellia.com"	123
3.18	Comparaison de l'évaluation globale obtenue par Choquet et celle par la moyenne pondérée pour "Dellia.com"	124
3.19	Évaluation globale de "Nomatix.com"	125

3.20	Comparaison de l'évaluation globale obtenue par Choquet et celle par la moyenne pondérée pour "Nomatix.com"	125
3.21	Évaluation globale de "Pixmanion.com"	126
3.22	Comparaison de l'évaluation globale obtenue par Choquet et celle par la moyenne pondérée pour "Pixmanion.com"	126
3.23	Évaluation globale de "Amazonia.com"	127
3.24	Comparaison de l'évaluation globale obtenue par Choquet et celle par la moyenne pondérée pour "Amazonia.com"	128
3.25	Évaluation globale de "Fac.com"	128
3.26	Évaluation globale de "Fourmix.com"	129
3.27	Distribution de possibilité du critère "Prix" pour le site "MisterPrice.com"	130
3.28	Distribution de possibilité du critère "SAV" pour le site "MisterPrice.com"	130
3.29	Évaluation globale de "MisterPrice.com"	130
3.30	Indicateurs de position des critères pour "Nomatix.com"	131
3.31	Contributions des critères à l'indicateur de position pour "Nomatix.com"	131
3.32	Contributions des critères à l'indicateur de position pour "Nomatix.com" : Cas de la moyenne pondérée	132
3.33	Indicateurs de position des critères pour "Dellia.com"	132
3.34	Contributions des critères à l'indicateur de position pour "Dellia.com"	133
3.35	Distribution de la différence d'évaluation globale entre "Nomatix.com" et "Dellia.com"	134
3.36	Distributions des évaluations globales de "Nomatix.com" et "Pixmanion.com"	135
3.37	Distribution résultante de la différence d'évaluation globale entre "Nomatix.com" et "Pixmanion.com"	135
3.38	Indicateurs d'imprécision moyenne des critères : Cas de "Nomatix.com"	135
3.39	Contributions des critères à l'indicateur d'imprécision moyenne : Cas de "Nomatix.com"	135
3.40	Distributions de critères et évaluation globale de "NomatixMagic.com"	136
3.41	Indicateurs des distributions pour "NomatixMagic.com"	136
3.42	Contributions de l'imprécision moyenne des critères à l'imprécision globale de "NomatixMagic.com"	137
3.43	Évaluation globale de "PixMagic.com"	138
3.44	Contributions des critères en termes d'imprécision : Cas de "Pixmanion"	138
3.45	Distribution de la différence de l'évaluation globale de "PixMagic.com" avec celle de "Pixmanion"	139
3.46	Distribution de l'évaluation globale de "MisterPrice.com" après recommandation	140
3.47	Distribution de l'évaluation globale de "GoodDelly"	141
3.48	Contributions des critères en termes de distribution au premier mode de l'évaluation globale de "GoodDelly"	141
A.1	Construction de F_* et F^{**}	149

A.2	Approximation linéaire de la distribution de possibilité	149
A.3	Exemple de distributions de possibilité bimodale	150
B.1	Exemple de calcul de la propagation de Choquet par la méthode de [Grabisch <i>et al.</i> (1994)]	152
B.2	Exemple de calcul de la propagation de Choquet par la méthode de [Grabisch <i>et al.</i> (1994)] cas d'intersection	153
B.3	Exemple de calcul de la propagation de Choquet par la méthode de [Grabisch <i>et al.</i> (1994)] et le théorème de l'union	153
B.4	Exemple de changement d'ordre dû à l'intersection	154
B.5	Principe de construction des distributions partielles	154
C.1	Évolution du e-commerce. (Source actionco.fr)	157
C.2	Typologie du e-commerce	159
C.3	Classification de commerce électronique par secteurs d'affaires et clients [Dho- lakia <i>et al.</i> (2002)]	159
C.4	Comparaison entre les différentes optiques, source [Vandercammen (2006)]	163
C.5	Orientations du benchmarking, source http://www.3ie.org	164

Liste des tableaux

2.1	valeurs des indicateurs d'imprécision moyenne et de divergence	58
2.2	Paramètres de C_μ	64
2.3	Les valeurs de $\Delta\mu_i^k$ dans chaque domaine de linéarité k	64
2.4	Contributions des critères dans le domaine 1	79
2.5	Contributions des critères dans le domaine 2	79
2.6	contributions marginales de l'indicateur de position	80
2.7	contributions marginales de l'indicateur d'imprécision moyenne	82
2.8	Poids des critères	83
2.9	Interactions entre les critères	83
2.10	Valeurs des indicateurs et de leurs contributions	84
2.11	Valeurs des $\Delta\mu_2^k$	85
2.12	les valeurs des indicateurs de position	91
2.13	Classement et contributions	93
3.1	Recueil d'évaluations de e-commerces	114
3.2	Quelques valeurs des $\Delta\mu$ possibles pour les différents critères	120
3.3	Famille d'intervalles	121
3.4	Calculs des contributions des critères à la divergence du score global de "Mister-Price.com"	140
A.1	Ensembles des évaluations partielles fournies par les cyber-consommateurs pour le critère "Délai de livraison"	148

Introduction générale

- **Objectifs et motivation : Cadre général**

L'aide à la décision est un domaine au carrefour de plusieurs disciplines incluant la théorie de la décision, les sciences politiques, la sociologie, la recherche opérationnelle, l'intelligence artificielle, les systèmes d'information, les statistiques, les méthodes de décision discrètes, etc. Parmi les attendus d'une aide à la décision, on peut citer le besoin de faire ressortir ce qui est objectif de ce qui l'est moins, de séparer les conclusions robustes des conclusions fragiles, de dissiper certaines formes de malentendu dans la communication. . . Cependant, l'aide à la décision n'a pas pour but de se substituer aux décideurs (en leur proposant une solution "toute faite"). Elle cherche d'abord à les éclairer et à les guider vers des décisions qu'ils auront la responsabilité de prendre. Ainsi, nos préoccupations de recherche se situent dans le cadre de l'aide multicritère à la décision qui considère le comportement décisionnel comme non nécessairement guidé par un critère unique, mais comme pouvant être la résultante d'un ensemble de critères en interaction. Dans beaucoup d'applications, le classement des alternatives répondant à un problème décisionnel donné est souvent basé sur leur score global obtenu par une moyenne pondérée des évaluations partielles de celles-ci selon un ensemble de critères supposés indépendants, ce qui constitue une hypothèse forte. Par ailleurs, nous considérons un contexte où les évaluations sont données par un ensemble d'acteurs pouvant intervenir dans le processus décisionnel à différents degrés, c'est-à-dire que le processus décisionnel est multi-acteurs.

Ce contexte multicritère multi-acteurs se retrouve dans différents champs d'application : les sciences de la gestion des organisations, la gestion des connaissances, les ressources naturelles, la finance, l'environnement et le développement durable, le service à la clientèle, etc. C'est à ce dernier domaine que nous nous intéressons plus particulièrement dans ce mémoire. En effet, la philosophie récente en matière de management a montré un accroissement de l'importance du consommateur et de la satisfaction de ses besoins dans n'importe quelle entreprise : si les clients ne sont pas satisfaits, ils trouveront éventuellement d'autres fournisseurs qui satisferont leurs besoins. Ainsi, les enquêtes de satisfaction ne sont pas une simple mesure de la qualité de service des entreprises. C'est avant tout un outil d'aide à la décision qui leur permet de s'engager concrètement dans un processus continu d'amélioration des services apportés à l'ensemble des clients. Néanmoins, ces enquêtes de satisfaction sont généralement effectuées dans un environnement qui peut être incertain, l'information récoltée peut être incomplète, ambiguë, imprécise, en un mot imparfaite, et les données quantitatives ou qualitatives. Les finalités ou les objectifs poursuivis par ce type d'enquête peuvent être uniques ou multiples, exprimés par des critères

souvent non commensurables, d'importance différente et en interaction. Ces caractéristiques se retrouvent dans le cas spécifique des organisations de e-commerce qui sont en plein essor actuellement. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à des problèmes de décisions dans les équipes de marketing et de benchmarking des sites e-commerce.

- **Cadre de la recherche et démarche suivie**

- *Aide à la décision multicritère dans un contexte multi-acteurs :*

Afin d'aider un décideur à sélectionner une alternative parmi plusieurs sur la base de critères de décision et l'aider à forger ses convictions quant à la façon de choisir la meilleure alternative, une procédure interactive est souvent utilisée. Une telle procédure repose sur un modèle des préférences. Ce modèle doit être d'une part, suffisamment lisible pour permettre de tirer des enseignements des informations préférentielles qu'il fournit, et doit être d'autre part, capable de représenter les stratégies du décideur. La première exigence amène à considérer des modèles compréhensibles par le décideur, c'est la raison pour laquelle, en pratique, une agrégation des satisfactions des critères considérés par une moyenne pondérée est couramment adoptée. La seconde exigence a tendance au contraire à utiliser des modèles de plus en plus complexes, aptes à représenter des phénomènes plus évolués de préférence. Les modèles d'agrégation tels que l'intégrale de Choquet, capables de prendre en compte les interactions entre critères, tout en gardant l'aspect compromis de la moyenne classique, satisfont pleinement ces deux exigences. C'est pourquoi nous avons retenu cet opérateur d'agrégation dans le cadre de notre travail de recherche.

- *L'explication et la recommandation au cœur du processus décisionnel :*

Plus précisément, nos intérêts de recherche concernent l'explication pour la recommandation dans un processus d'aide à la décision. En effet, la mise en œuvre opérationnelle d'outils d'aide à la décision dans des contextes réels requiert de disposer d'outils d'élicitation n'imposant pas au(x) décideur(s) de s'exprimer dans les termes du modèle d'agrégation utilisé. Des renseignements sur l'influence de chaque information sur la décision finale sont, à notre sens, à la base de toute aide à la décision.

- *Gestion de l'incertain par la Théorie des possibilités :*

Une des premières étapes d'une étude d'aide multicritère à la décision consiste à recueillir et analyser un jeu de données. Dans la pratique, la manipulation de ce jeu de données se révèle complexe du fait de la nature ambiguë, imprécise et incertaine des informations à prendre en compte. En effet, dans un processus d'aide à la décision à acteurs multiples, on se doit de gérer l'incertitude induite par la multitude des points de vue tels que les cas d'ignorance, de consensus ou encore de divergence. Pour cela, nous avons opté pour une utilisation de distributions dans un cadre possibiliste afin de gérer l'ensemble des avis des différents acteurs. Ce choix a été motivé par la nature des données d'une part et leur disponibilité d'autre part. En effet, les données ou évaluations issues de notre application sont imprécises et se présentent sous la forme d'étoiles traduisant des

intervalles d'évaluations. Par ailleurs, dans nombre de cas nous avons peu d'évaluations disponibles ce qui rend difficile une identification fiable de loi de probabilité. Ajoutons à cela un souci de faible complexité des calculs dans la propagation des distributions par l'intégrale de Choquet.

• Problématiques et questions de recherche

La problématique de ce travail concerne une modélisation mathématique supportant une représentation formelle d'un processus d'aide à la décision dans un contexte multicritère et multi-acteurs en univers incertain.

Les questions de recherche majeures abordées lors de ce travail sont :

- Comment gérer des distributions de possibilité de satisfaction des critères d'évaluation dans un processus d'aide à la décision ?
- Comment identifier les contributions des critères au score global, expliquer en absolu qu'une alternative est la meilleure, expliquer qu'une alternative est meilleure qu'une autre, tout cela dans un cadre possibiliste.
- Comment appréhender les aspects théoriques d'aide à la décision dans le contexte réel de la gestion des retours d'expérience de consommateurs pour les équipes de e-commerce, en particulier les équipes de marketing et de benchmarking.

• Originalité et contribution

L'originalité de ce travail réside dans l'application de techniques issues de la théorie des possibilités dans le contexte de la e-recommandation pour le e-commerce à partir de retours d'expérience de clients. Les contributions de ce travail se présentent donc selon deux axes :

A. Axe théorique

Ces contributions s'articulent selon trois points essentiels :

1. Le premier point concerne la caractérisation des *distributions de possibilité* par la définition d'*indicateurs de description* simplifiant leur interprétation quantitative. Pour ce faire nous avons proposé des indicateurs clés comme la position, l'imprécision moyenne, la divergence, etc. basés sur les valeurs moyennes supérieure et inférieure d'une distribution de possibilité.
2. Le deuxième point fait référence à la **propagation des distributions de possibilité et des indicateurs associés** par l'intégrale de Choquet. Nos contributions à ce niveau consistent en des expressions linéaires simples entre les grandeurs élémentaires et agrégées issues d'un théorème permettant la propagation des valeurs moyennes supérieure et inférieure d'une distribution de possibilité par l'intégrale de Choquet.
3. Le troisième point concerne le concept d'*explication en absolu* et d'*explication en relatif* (ou encore la comparaison). A ce niveau nos propositions concernent :

- La mesure de contribution des distributions de satisfaction des critères au score global d'une alternative,
- Les mesures de contributions des indicateurs des distributions de satisfaction des critères (position, imprécision moyenne, divergence, etc.) aux indicateurs de la distribution relative au score global,
- L'extension de ces mesures de contributions au cas de l'explication en relatif via l'utilisation de la soustraction entre distributions de score globaux.

B. Axe applicatif

Concernant les traitements d'informations appliqués au cas réel, nos propositions consistent en une gamme de solutions d'étude pour faciliter aux managers de site de e-commerce la prise de décisions marketing et benchmarking dans un environnement incertain. Nos contributions à ce niveau sont :

- La mise en œuvre d'un *cadre possibiliste*, non communément utilisé dans le domaine du e-commerce, pour la prise en compte de l'imperfection de l'information dans les retours d'expérience des clients.
- Une *nouvelle vision* de la e-recommandation, différente et complémentaire de celle étudiée généralement dans la littérature ou utilisée par les entreprises. En effet, nous proposons d'étudier la recommandation sous l'angle des équipes gérant les sites de e-commerce, contrairement aux systèmes de recommandation classiques dédiés aux consommateurs.
- Une utilisation des *retours d'expérience* disponibles sur le web pour construire des indicateurs de performances, l'approche elle-même n'est pas innovante ; mais l'originalité réside dans la manière d'adapter ces feedbacks à la stratégie des entreprises de e-commerce.
- Une conception et un développement d'un *outil informatique* : cet outil est destiné essentiellement au soutien des équipes de e-commerce dans leurs décisions. Il intègre des modules de diagnostic, de pilotage sur le plan marketing et benchmarking. L'analyse des résultats permet de mesurer la perception de la qualité de service des entreprises et surtout des recommandations pour la mise en œuvre d'actions concrètes répondant précisément à l'évolution des besoins et désirs de tous les clients.

• Organisation du mémoire

Ce mémoire est organisé en trois chapitres, le premier concerne la présentation du cadre général de travail et une justification des choix adoptés. Le deuxième chapitre s'intéresse aux outils mathématiques utilisés et aux contributions conceptuelles pour l'aide à la décision. Le dernier chapitre présente une application des propositions du chapitre II au cas réel. Il s'agit d'utiliser les mesures de satisfaction des consommateurs concernant les sites de e-commerce pour piloter des activités de marketing et de benchmarking.

- **Chapitre I** : Le premier chapitre est consacré à la définition du cadre formel dans lequel s'inscrivent nos travaux de recherche, c'est-à-dire la modélisation d'un processus d'aide

à la décision multicritère et multi-acteurs. Notre étude concerne plus particulièrement la gestion de l'incertitude relative à l'évaluation d'alternatives par un collectif d'acteurs dans un espace d'évaluation multicritère, c'est-à-dire que nous abordons la décision comme un processus dynamique. Nous illustrons les différents volets qu'une aide à la décision pertinente devrait comporter à travers deux cas réels précédemment traités dans notre laboratoire dont nous analysons les limites en termes de prise en compte de l'incertitude par les modèles utilisés. Ces deux cas mettent en évidence qu'une aide à la décision utile et pertinente s'accompagne de fonctionnalités d'explication. Ce chapitre se conclut par une présentation d'un modèle formel générique de processus d'aide à la décision multicritère et multi-acteurs permettant une gestion explicite de l'incertitude. Nous justifions aussi l'intérêt d'une interprétation possibiliste de l'incertitude et des techniques d'agrégation multicritère basées sur l'intégrale de Choquet dans le cadre de ce modèle.

- **Chapitre II** : Le deuxième chapitre est dédié à la modélisation mathématique du modèle formel générique de processus d'aide à la décision défini dans le premier chapitre. Il présente une description théorique des techniques de base utilisées à savoir la théorie des possibilités ainsi que l'agrégation par l'intégrale de Choquet. Nous proposons également des définitions d'indicateurs de description de distributions de possibilités. Les mécanismes de propagation des distributions et de leurs indicateurs à travers l'intégrale de Choquet sont également présentés. Finalement, des fonctionnalités d'explication et de recommandation sont proposées afin de justifier certains choix ou encore de proposer des moyens d'actions pour améliorer la situation courante.
- **Chapitre III** : Le troisième chapitre concerne l'application des propositions du chapitre II à des problèmes de décision tirés d'un contexte réel à savoir la gestion des mesures de satisfaction des clients à partir de leurs retours d'expérience à des fins de diagnostic et de pilotage pour les équipes de e-commerce. La validité opérationnelle des concepts et outils proposés est testée sur certains des problèmes soulevés par ce cadre applicatif, mettant ainsi en évidence l'intérêt des fonctionnalités proposées pour l'amélioration de la prise de décision.

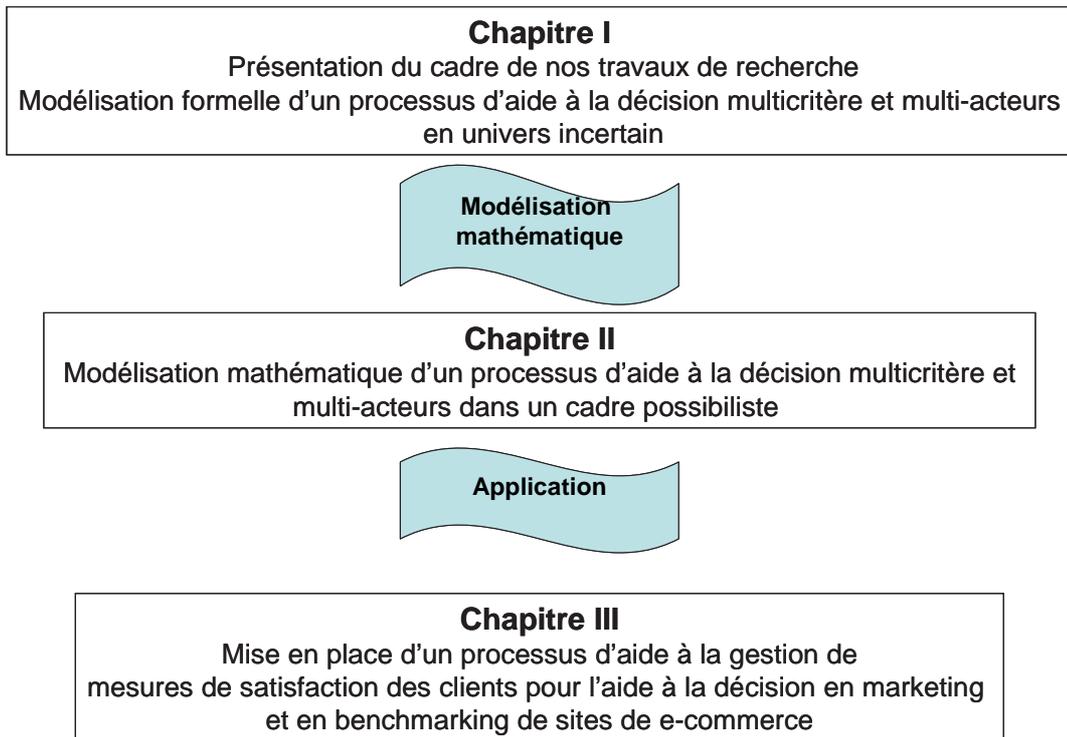


FIG. 1 – Organisation de la thèse

Chapitre 1

Modélisation d'un processus d'aide à la décision multicritère et multi-acteurs en environnement incertain

Les hommes font leur histoire et, bien qu'ils ne voient évidemment pas toutes les conséquences de leurs décisions, peut-être-même savent-ils qu'ils la font. Ils inventent les règles qui leur permettent de vivre ensemble et d'agir collectivement. Ils les contestent dans le conflit, ils les élaborent dans la négociation, ils s'efforcent de les rendre cohérentes ou du moins de limiter les effets destructeurs de leur incohérence.

Le conflit, la négociation et la règle

Jean Daniel Reynaud

Octares Edition

1.1 Introduction

La fin du vingtième siècle a été marquée par le passage à une ère nouvelle, l'ère de l'information. Ce passage s'est, d'une part, manifesté à travers l'émergence de technologies informationnelles, mais aussi, par toute une série de phénomènes en rupture avec les anciennes logiques économiques et sociales. Ces technologies informationnelles, issues du "traitement" de l'information telles que l'informatique, la robotique, les télécommunications numérisées, etc., ont déjà profondément transformé les modes de production des biens et des services. Ces mutations profondes liées à la disponibilité et au partage de bases d'informations toujours plus importantes ont eu des conséquences sur le monde de l'entreprise. Cependant la diffusion incontrôlée de l'information ne garantit en rien sa fiabilité, sa précision ou encore sa validité. C'est pourtant sur ces corpus dynamiques d'informations en expansion, que les managers doivent prendre et assumer des décisions le plus rapidement possible en prenant en considération de nombreux critères d'évaluation.

Ainsi, depuis la fin de la seconde guerre mondiale, plusieurs courants sont apparus pour modéliser le "cheminement intellectuel" du décideur. La tâche n'est pourtant pas simple, comment appréhender la "bonne" décision (ou du moins la moins mauvaise) face à un problème complexe impliquant un espace d'évaluation multidimensionnel avec des acteurs ne partageant pas nécessairement le même système de valeurs dans un environnement ouvert et incertain ? Car qui dit complexité dit aussi relation entre une foule de données et de paramètres dont les effets conjugués rendent la compréhension de la situation de décision des plus opaques. Comment modéliser un processus d'évaluation par un collectif alors que chaque individu a ses propres valeurs ? H.A. Simon, l'un des pionniers de la décision en organisation, a proposé, pour répondre à ces questions, une vision cognitive non séquentielle du processus de décision où les phases d'information et de conception jouent un rôle majeur.

Le processus de décision ne saurait être réduit à une simple analyse de données pour de la planification. Un manager prenant une décision utilise un ensemble de données, mais aussi une méthode et évalue sa décision suivant sa faisabilité et ses retombées pour l'organisation. Il faut aussi prendre en compte un environnement de décision de plus en plus ouvert et donc incertain, où l'exigence est toujours plus forte, la responsabilité accrue et le principe de précaution omniprésent. La perception de l'incertitude agit sur le comportement de choix et joue un rôle prépondérant sur le processus de décision de l'individu. L'accroissement de l'incertitude perçue peut constituer un frein à la prise de décision : réponse négative, décision différée...

L'incertitude est ainsi inhérente à la vie de toute organisation et à toute décision. Il est donc nécessaire pour pouvoir parer aux situations critiques, de l'identifier, la quantifier, la hiérarchiser et la gérer.

A cet égard, dans ce premier chapitre, nous définissons le cadre théorique dans lequel s'inscrivent nos travaux de recherche : la modélisation d'un processus d'aide à la décision multicritère et multi-acteurs. Notre étude concerne plus particulièrement la gestion de l'incertitude relative à l'évaluation d'alternatives par un collectif d'acteurs dans un espace d'évaluation multicritère. Nous abordons ainsi la décision comme un processus dynamique et nous présentons les différents

volets qu'une aide à la décision pertinente devrait comporter. Nous illustrons nos propos à travers deux applications, préalablement étudiées dans le laboratoire, concernant la conception d'une aide à la décision multicritère et multi-acteurs. Enfin, nous analysons les limites des modèles utilisés avant de proposer un modèle formel plus général qui permet une gestion explicite de l'incertitude dans chacune des situations exposées. Notre modèle s'appuie sur une interprétation possibiliste de l'incertitude et des techniques d'agrégation multicritère que nous justifions par rapport à notre problématique.

1.2 Gérer de l'information dans un contexte d'aide à la décision : formaliser, évaluer et recommander

Dans tous les domaines, de la vie quotidienne au monde du travail, un grand nombre de décisions sont prises, de façon individuelle ou collective. Cependant, la notion de décision est généralement assimilée dans le langage commun à un phénomène immédiat impliquant le plus souvent une personne isolée faisant un choix parmi un ensemble d'alternatives possibles. Ce qui s'avère totalement factice. En effet, même si le procédé n'est pas transparent, la prise de décision suit un processus mental durant lequel cet individu se fixe des objectifs et des priorités. Cette décision s'inscrit en outre dans le temps sur des périodes de recherche d'information, d'identification et de choix de solutions, etc. La décision n'est plus considérée comme une activité ponctuelle à un instant t donné mais plutôt comme une suite d'activités évoluant dans le temps et impliquant la notion de processus. Dans nos travaux, nous considérons cette deuxième vision de la décision selon laquelle la décision ne peut être étudiée que via la notion de processus de décision.

Toutefois dans la littérature [Roy (1993)] [Tsoukiàs (2003a)] [Tsoukiàs (2003b)] [Rousseau (2003)], une distinction est faite entre la notion de processus de décision (*decision making*) et de processus d'aide à la décision (*decision aiding*). Nous verrons dans les sous sections qui suivent sur quoi repose cette distinction.

1.2.1 La décision, un Processus : le modèle IDCR de Simon

Le concept de "processus de décision" a été introduit par Simon [Simon (1947)]. Il concerne principalement un ensemble d'activités cognitives d'un individu, le décideur, ayant une problématique pour laquelle il n'existe pas de modèle de réponse immédiate. La littérature concernant ce concept se base sur l'hypothèse que de telles activités cognitives sont scientifiquement observables, soit d'une manière empirique ou expérimentale, et que des modèles relatifs au comportement décisionnel peuvent être établis [Tsoukiàs (2003b)].

Par ailleurs, la mise en place de ce concept a permis d'introduire deux innovations majeures [Tsoukiàs (2003b)] :

- La rationalité doit être relative au processus et non à la décision finale ; la cohérence est exigée durant tout le processus, une telle cohérence n'est pas nécessairement économiquement rationnelle,

- La rationalité, l'espace et la capacité cognitive sont limités dans le temps.

Nous allons décrire dans ce qui suit le modèle de processus de décision proposé par Simon [Simon (1947)]. Simon insistait sur l'aspect diachronique du processus de décision qu'il décomposait en :

- l'apparition du problème (le problème de décision),
- l'élaboration et la structuration du problème,
- la résolution ou l'identification des choix ou des alternatives,
- l'évaluation de toutes les conséquences des actions possibles.

Le modèle de Simon s'attache plus spécifiquement à déterminer comment les organisations réagissent face à des situations de décision. Dans ce modèle quatre phases sont distinguées dans le processus de décision [Levine & Pomerol (1989)] [Turban (1994)] :

- la recherche d'information (*Intelligence*),
- la conception (*Design*),
- le choix (*Choice*),
- la révision (*Review*).

Ce modèle est généralement désigné modèle IDCRC (Intelligence-Design-Choice-Review).

La recherche d'information ou le renseignement Cette phase vise à recenser l'ensemble des informations utiles et prioritaires dont le décideur aura besoin lors de sa prise de décision. Il s'agit notamment d'identifier les objectifs ou priorités du décideur, c'est-à-dire de définir le problème à résoudre. Pour cela, il est primordial de rechercher les informations appropriées en fonction des questions que se pose le décideur. L'acquisition d'informations adaptées pendant cette phase peut se poser elle-même en terme de décision. En effet, sur ces informations pertinentes s'appuient toutes les autres phases du processus de décision et leur choix est donc essentiel. Elles influencent fortement les autres phases puisque tous les choix suivants en découlent.

La conception Cette phase comprend la génération, le développement et l'analyse des différentes suites possibles d'actions. Le décideur construit des solutions, imagine des scénarios, ce qui peut l'amener à rechercher des informations complémentaires. Pour cela, il va être nécessaire de choisir un ou plusieurs modèles de décision en fonction de la complexité du problème à traiter. Pour le ou les modèles choisis, il faut déterminer les variables de décision, la sélection des principes de choix (critères d'évaluation), ainsi que les relations mathématiques, symboliques ou qualitatives entre ces variables et construire les différentes alternatives.

Le choix Durant cette phase, le décideur choisit entre les différentes suites d'actions (solutions) qu'il a été capable de construire et d'identifier lors de la phase précédente. Il s'agit dans cette phase de déterminer les critères d'évaluation des différentes solutions envisageables et d'étudier ou mesurer les conséquences de chaque alternative. L'évaluation des alternatives et le choix final dépendent du type des critères utilisés. Par exemple, trouver la meilleure solution, une solution assez bonne ou satisfaisante, prendre des risques ou non,

minimiser des regrets ou un manque à gagner ou maximiser des gains, etc. Cette phase inclut la recherche, l'évaluation et la recommandation d'une solution appropriée au modèle.

La révision Cette phase est souvent négligée, bien qu'essentielle dans le modèle de Simon, en particulier dans le cas où la décision s'intégrerait dans un processus dynamique. De nouvelles informations pertinentes peuvent influencer tel ou tel choix, voir le modifier complètement.

La figure 1.1 donne la représentation habituelle du modèle cognitif de Simon pour le processus de décision.

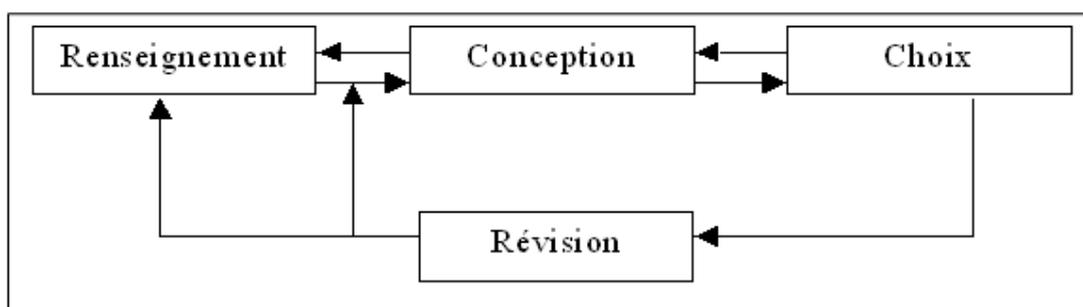


FIG. 1.1 – Modèle de Simon pour le processus de décision

Le processus de décision n'est pas séquentiel dans le modèle IDCR, il peut y avoir des "retours en arrière" ou boucles, c'est-à-dire qu'à chaque phase, on peut être amené par exemple à générer une nouvelle alternative ou encore à rechercher de nouvelles informations, puis ensuite modifier le ou les modèles choisis, etc. De nombreuses itérations peuvent être nécessaires, au vu de la capacité limitée de l'homme en termes de traitement de l'information et de la complexité des problèmes de décision, avant qu'un terme ne puisse être apporté au processus de décision. Les phases d'intelligence (Intelligence), de conception (Design), de sélection (Choice) et de révision (Review) se succèdent sans logique chronologique préétablie possible. La présence de ces boucles pendant les processus de décision dépend du niveau de structuration du problème de décision (contraintes). H.A. Simon parle de causalités enchevêtrées.

L'analyse de ce modèle de processus relatifs aux organisations donne matière à réflexion [Tsoukiàs (2003b)]. En effet, une multitude de rationalités coexistent dans un processus de décision dans une organisation ce qui peut conduire à trouver le choix des décideurs parfois irrationnel, l'argumentaire devient alors une incontournable étape de la décision [Sfez (1992)]. Par ailleurs, la théorie de Simon se fonde sur l'idée qu'un décideur ne possède pas en fait une connaissance totale de la situation, d'où le terme de "rationalité limitée" cher à H.A. Simon et que ces limitations dans la connaissance des faits et hypothèses proviennent principalement des contraintes de l'organisation qui sélectionne ou favorise tel ou tel scénario en fonction de ses intérêts.

1.2.2 L'aide à la décision : représenter explicitement une situation pour recommander

Pour introduire la notion de processus d'aide à la décision nous utilisons la définition proposée par B. Roy [Roy (1985)] :

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

Cette définition traduit le fait qu'on ne “solve” pas un problème, on aide le décideur à construire une représentation pertinente de la situation. En général, il n'existe pas de solution qui soit la meilleure pour tous les critères et tous les acteurs. La notion de solution optimale n'a pas nécessairement de sens. De ce point de vue, l'aide à la décision est loin du problem solving et du calcul de la meilleure utilité de la Recherche Opérationnelle. Dans cette définition, on voit clairement apparaître les notions d'explication de la logique décisionnelle et de recommandation.

Selon [Roy & Bouyssou (1993)], le processus d'aide à la décision peut être conçu selon quatre niveaux :

Niveau I : Ce niveau permet de définir l'objet de la décision et l'esprit de la recommandation.

Niveau II : Ce niveau correspond à l'analyse des conséquences et la définition des critères.

Niveau III : Ce troisième niveau concerne la modélisation des préférences globales et approches opérationnelles pour l'agrégation des performances.

Niveau IV : Ce dernier niveau est relatif aux procédures d'investigation et d'élaboration de la recommandation. Il permet de déterminer comment tirer parti du travail réalisé aux niveaux précédents pour fournir des réponses, voire élaborer une recommandation.

Par ailleurs, Tsoukiàs considère qu'un contexte d'aide à la décision implique l'existence d'au moins deux acteurs différents : le *client* (dans le cas le plus simple il est le décideur) et l'*analyste* [Tsoukiàs (2003b)] [Tsoukiàs (2003a)]. Un contexte d'aide à la décision n'a un sens que s'il est défini par rapport à un ou plusieurs processus de décision, ceux qui concernent les besoins du client. Tsoukiàs s'intéresse à l'ensemble des activités qui ont lieu dans un tel contexte, qu'il appelle “processus d'aide à la décision”. L'objectif ultime d'un tel processus, est de trouver un consensus entre le client et l'analyste. Le client a une connaissance relative au processus de décision alors que l'analyste a une connaissance méthodologique indépendante du domaine.

Le processus d'aide à la décision est considéré comme un processus cognitif distribué. Une telle approche du processus permet de générer un certain nombre d'artefacts qui sont supposés être

partagés par les acteurs impliqués. Toutefois, le point de vue n'est pas cognitif, mais opérationnel. Tsoukiàs analyse par contre un certain nombre d'artefacts que produit un tel processus.

- **La situation problématique** : 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.

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

- **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 avait un but descriptif (au mieux explicatif). La construction de la formulation du problème fait intervenir 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'un ou plusieurs soucis du client en un "problème" formel sur lequel il est possible d'appliquer une méthode d'aide à la décision.

Avoir le consensus du client sur une formulation du problème est un gain en clarification, car à la place d'une description ambiguë du problème nous avons un problème formel précis.

- **Le modèle d'évaluation** : Ce terme indique ce qui, traditionnellement, constitue à proprement parler les modèles d'aide à la décision supportés par 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 (descriptive, prescriptive et constructive [Tsoukiàs (2003b)]), il y a plus de liberté dans la définition des éléments et des paramètres du modèle.

On peut constater qu'une large partie des modèles et des méthodes d'aide à la décision existants peuvent être représentés par la description précédente. Par ailleurs, l'auteur attire l'attention sur le fait que les choix techniques de la typologie des échelles de mesure, des modèles de préférence ou de différence, les opérateurs d'agrégation ne sont pas neutres. Même dans le cas où le client a pu formuler son problème de façon claire, le choix d'une certaine technique, procédure ou opérateur peut générer des conséquences importantes qui ne sont pas discutées au moment de formuler le problème. La caractérisation de ces techniques, procédures et opérateurs est donc d'une 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.

- **La recommandation finale** : Elle représente le retour du processus d'aide à décision à la réalité. La recommandation finale doit traduire le résultat fourni par le modèle d'évaluation dans le langage courant du client et du processus de décision dans lequel il est impliqué. Certains éléments sont importants dans la construction de cet artefact :
 - l'analyste doit être sûr que le modèle est formellement correct,
 - le client doit être sûr que ce modèle le représente, qu'il le comprend et qu'il s'approprie ses conclusions en plus d'en être satisfait,
 - la recommandation doit être légitime du point de vue du processus de décision pour lequel l'aide à la décision a été demandée.

La dernière observation a un caractère particulier. En fait, le processus d'aide à la décision est une activité qui introduit une certaine distance entre les participants d'une part, la réalité du processus de décision et de ses dimensions organisationnelles d'autre part. Le retour à la réalité demande une vérification de la légitimité des résultats. On doit vérifier si de tels résultats sont acceptés par les participants au processus de décision et connaître 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.

1.2.3 Conclusion

Si nous avons retenu le modèle de Simon, c'est parce que la boucle cognitive que constitue la révision peut s'interpréter comme une boucle de rétroaction sur la phase d'apprentissage : la décision y est bien perçue comme un processus et cette boucle peut permettre d'induire une dynamique forcée du processus de décision. Nous souscrivons ainsi à l'interprétation cybernétique du modèle IDCR qui a été développée dans [Akharraz (2004)]. Dans cette représentation le traitement de l'information a un rôle central, car c'est l'efficacité de la phase de recherche d'information qui induit une convergence plus ou moins rapide vers une situation consensuelle.

Par ailleurs, nous avons retenu dans notre approche, l'esprit et la philosophie des modèles de processus d'aide à la décision proposés dans [Roy & Bouyssou (1993)] et [Tsoukiàs (2003b)] [Tsoukiàs (2003a)]. Ces deux modèles mettent en évidence l'intérêt de la recommandation dans tout processus d'aide à la décision. L'explication et la recommandation seront donc des concepts clés de notre modèle de processus d'aide à la décision. Nous adoptons également la distinction faite par Tsoukiàs entre le décideur et l'analyste. Aussi, insisterons-nous sur l'étape cruciale de "formulation du problème" dans le chapitre III, où nous proposons une modélisation UML de la problématique induite par notre application.

1.3 Processus d'aide à la décision multi-acteurs et multicritère

Face à la complexité d'un monde incertain, la maîtrise des systèmes techniques, organisationnels ou stratégiques dépend de plus en plus d'une meilleure utilisation de ses capacités cognitives

par chaque acteur (savoir, savoir - faire et savoir - agir). Ceci implique que chacun d'eux, mais aussi les organisations dont ils sont membres, perfectionnent leur propre système d'observation et d'appréhension de la réalité. La maîtrise de la complexité est affaire de bonne organisation collective. Elle devient ainsi l'émanation de savoirs multiples dans les domaines techniques, sociaux, culturels et organisationnels. Résultante complexe d'actions et de décisions individuelles et de construits collectifs, elle se développe au travers des multiples structures de communication reliant les hommes.

Prenons comme situation décisionnelle complexe le tracé d'une autoroute. Si pour choisir un tracé d'autoroute, le ministre de l'équipement et des transports ne considèrerait que l'aspect financier, il limiterait au strict minimum les travaux (terrassements, viaducs, tunnels, etc.) afférents à ce genre de projet. C'est évidemment loin d'être le cas. Et cela ne concerne qu'un individu à la fois. Mais tout le monde sait que, dans un service public ou dans la gestion d'un État, les intervenants sont multiples. Multiplicité des critères, multiplicité des intervenants : les deux phénomènes ne se superposent pas uniquement, ils se multiplient. Même si, en dernier ressort, la responsabilité d'une décision incombe à un individu clairement identifié, celle-ci est souvent la résultante d'interactions entre de multiples acteurs au cours du processus de décision. Parmi les acteurs, on appelle intervenants ceux qui, de par leur intervention, conditionnent directement la décision en fonction du système de valeurs dont ils sont porteurs. A leur côté, figurent tous ceux qui, de façon normalement passive, subissent les conséquences de la décision, laquelle est seulement censée tenir compte de leurs préférences.

La multiplicité des points de vue ou des intérêts défendus et le caractère multidimensionnel des contextes d'évaluation de ces situations de décision fait que la notion de meilleure décision (un optimum) peut parfois être vide de sens [Scharlig (1985)]. En effet, choisir d'optimiser, c'est implicitement se situer dans une approche à critère unique. Cela se démontre aisément par l'absurde : dès que l'on prend plusieurs points de vue pour juger des conséquences de plusieurs actions, on risque de désigner comme optimale une action différente pour chaque point de vue et, en fin de compte, de ne dégager aucun optimum des calculs. Or, toute la réalité humaine est "à points de vue multiples" ou encore multicritère.

1.3.1 Contexte multi-acteurs

Durant un processus d'aide à la décision, différents acteurs peuvent être amenés à participer à différents niveaux et/ou à titre varié. L'étude des différents acteurs (typologie des acteurs, leurs objectifs et systèmes de valeurs, leurs interactions, ...) constitue un aspect important à étudier pour la modélisation et la conception d'un processus d'aide à la décision.

Parmi les acteurs d'un processus d'aide à la décision, il convient d'identifier deux intervenants jouant un rôle important [Mousseau (2003)] :

Le décideur : Il est l'intervenant du processus de décision que les modèles mis en œuvre cherchent à éclairer, pour lequel ou au nom duquel l'étude d'aide à la décision est conduite. Le décideur n'étant parfois que peu disponible, c'est un de ses représentants qui s'exprime

en son nom durant le processus d'aide à la décision.

L'homme d'étude (ou analyste) : Il est l'intervenant qui prend en charge l'activité d'aide à la décision en mettant en oeuvre des modèles et des produits dans le cadre d'un processus d'aide à la décision.

Dans ce contexte, un objectif de nos travaux de recherche consiste à munir l'analyste de méthodologies et d'outils de comparaison, d'explication et de recommandation pour organiser l'interaction avec le décideur ou un de ses représentants et instrumenter le processus d'aide à la décision.

Au vu des remarques précédentes, on peut alors tenter de dresser une typologie des processus de décision multi-acteurs (Figure 1.2) :

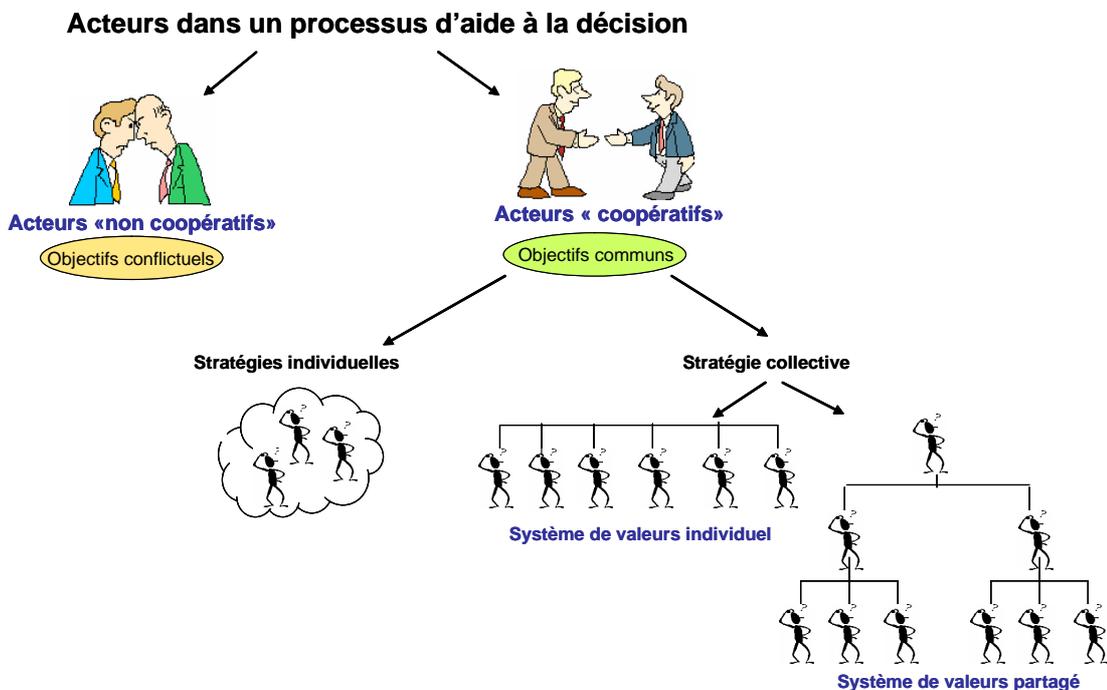


FIG. 1.2 – Acteurs du processus d'aide à la décision

- Le cas où les décideurs forment un collectif ayant des intérêts et des objectifs communs dans le processus d'aide à la décision, qu'on référence par processus décisionnel multi-acteurs “ **coopératifs** ”.
- Le cas où les décideurs présentent des intérêts différents voire conflictuels, on parlera de processus décisionnel multi-acteurs “ **non-coopératifs** ”.

Dans un collectif d'acteurs coopératifs, il faut ensuite distinguer (Figure 1.2) :

- les communautés où chaque individu a sa propre stratégie pour atteindre l'objectif. Si l'on prend l'exemple des communautés de cyber-consommateurs, l'objectif partagé est d'acheter au meilleur rapport qualité/prix. Toutefois, les priorités diffèrent d'un client à un autre : chacun définit sa propre stratégie et fait intervenir ses propres critères de sélection, leur accordant plus ou moins d'importance.
- les organisations où la stratégie d'évaluation des alternatives est définie et imposée par un comité réduit de direction, d'éthique, etc. Il reste encore à distinguer deux cas dans cette configuration (Figure 1.2) :
 - le cas où l'évaluation repose sur un système de valeurs défini a priori par l'organisation. C'est, par exemple, l'entreprise qui a non seulement défini des objectifs et une stratégie d'action pour les atteindre, mais qui a aussi établi sa propre liste d'indicateurs de performances ; la part d'interprétation, de subjectivité dans l'évaluation des indicateurs est extrêmement réduite, le système de valeurs relève ainsi de la culture d'organisation et est parfaitement codifié.
 - le cas où l'organisation a fixé les règles en termes d'objectifs et de stratégie de sélection, mais s'appuie sur une procédure d'évaluation qui fait intervenir des acteurs a priori extérieurs à la structure et donc ayant leurs propres systèmes de valeurs : ce peut être le recours aux sondages, à la consultation de données relatives à l'indice de satisfaction des clients, des administrés, etc.

1.3.2 Contexte multicritère

Les moyens ont évolué, la complexité des problèmes à résoudre est devenue telle qu'il n'est plus possible aujourd'hui de se fier au seul bon sens, bien souvent, du reste, incapable de pouvoir s'exprimer ; l'extrême complexité du monde moderne, l'accélération toujours plus grande du rythme de la vie ne permettent plus au responsable de se fier uniquement à ce sens des affaires, gage certain de réussite il y a quelques décennies encore. À l'intuition et à la déduction qualitative doivent se substituer une analyse plus rigoureuse et une expression numérique des faits permettant d'évaluer avec plus d'exactitude la décision à prendre. De plus, ramener la bonne santé de son entreprise au seul critère économique, à sa rentabilité interne n'a plus de sens dans un environnement concurrentiel ouvert où bien d'autres dimensions que des considérations économiques peuvent affecter le bon fonctionnement de l'entreprise.

Intégrer dans sa logique de décision un contexte ouvert multidimensionnel exige que l'on révisé alors la formalisation des modèles de décision. Il s'agit maintenant de prendre des décisions dans un contexte d'évaluation multidimensionnel où les méthodes d'analyse multicritère peuvent apporter certains éléments de formalisation intéressants. Avant l'apparition des méthodes multicritères, les problèmes de décision se ramenaient le plus souvent à l'optimisation d'une fonction économique, constituant l'unique critère de sélection. Cette approche monocritère avait le mérite de déboucher sur des problèmes mathématiques bien posés mais qui n'étaient pas toujours

représentatifs de la réalité car :

- La comparaison de plusieurs actions possibles se fait rarement selon un seul critère
- Les préférences sur un critère sont, dans bien des cas, difficilement modélisables par une fonction ; et lorsqu'il y a plusieurs objectifs, il est impossible de les atteindre tous à la fois.

La remise en cause de l'approche monocritère (i.e. l'optimisation d'une fonction économique d'utilité globale), pour traiter les problèmes de choix est due principalement au fait que cette approche manque de réalisme [Roy (2000)].

On peut encore ajouter que selon le modèle de rationalité limitée de Simon, le décideur est naturellement tenté de s'orienter vers une approche monocritère, occultant la prise en compte de la complexité de la réalité et aboutissant au choix d'une solution satisfaisante mais non optimale. Lorsque l'évaluation globale d'un objectif est complexe, il est nécessaire de décomposer l'objectif à atteindre en structurant l'ensemble des critères d'évaluation. L'approche multicritère de l'aide à la décision permet de pallier cette restriction en augmentant le niveau de réalisme et de lisibilité donné au décideur [Pomerol & Barba-Romero (1993)]. Construire un modèle prenant explicitement appui sur plusieurs critères, traduit et formalise, un mode de raisonnement intuitif et naturel face à un problème de décision qui consiste à analyser séparément chaque conséquence [Roy (1985)].

En aide à la décision multicritère, les valeurs à agréger sont généralement des *préférences*, d'une alternative par rapport à une autre ou des *degrés de satisfaction* d'une alternative relativement à des critères.

Nous définissons dans un premier temps la terminologie et les conditions minimales nécessaires pour définir un problème d'agrégation multicritère correspondant à notre contexte applicatif.

$Al = \{Al^1, Al^2, \dots, Al^l\}$: un ensemble de solutions ou alternatives (projets, actions, offres...) parmi lesquelles le décideur doit choisir.

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$: un ensemble fini des n critères permettant d'évaluer les solutions.

$P(C)$ l'ensemble des parties de C .

$x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$: représente le vecteur des évaluations partielles, de sorte que, x_i est le degré de satisfaction ou de performance par rapport au critère c_i . Les valeurs des x_i sont exprimées dans l'intervalle $[a, b]$, b correspond à la satisfaction complète d'un critère, a exprime la non satisfaction complète. Généralement $[a, b]$ est ramené à l'intervalle $[0, 1]$. Dans notre application nous considérons l'intervalle $[0, 20]$.

Ainsi, à chaque alternative $Al^q \in Al$ est associé un profil $x^q = (x_1^q, x_2^q, \dots, x_n^q)$ avec x_i^q l'évaluation partielle de Al^q selon le critère c_i .

Il s'agit alors, au vu de l'ensemble critères, d'aboutir à un classement des solutions de la meilleure à la moins bonne, ou tout simplement à trouver la meilleure solution. Deux principales approches sont possibles soit l'approche 1 (AC) "agrèger puis comparer" ou l'approche 2 (CA) "comparer puis agréger" [Grabisch & Perny (2003)] [Grabisch (2005)].

Pour toute paire d'alternative (Al^q, Al^l) et leur vecteur de performances respectifs : $(x_1^q, x_2^q, \dots, x_n^q)$ et $(x_1^l, x_2^l, \dots, x_n^l)$ on a :

Approche 1 (AC) : Il s'agit de résumer la valeur de toute alternative Al^q par un score global $H(Al^q)$ calculée à partir de son vecteur de performances sur chaque critère. Ce score est sensé résumer la valeur globale de l'alternative et sert de base à la comparaison multicritère des alternatives. La forme générale des règles de décision relevant de l'approche "agrèger puis comparer"(AC) est la suivante :

$$\succeq (Al^q, Al^l) = \phi(H(x_1^q, \dots, x_n^q), H(x_1^l, \dots, x_n^l))$$

avec H un opérateur d'agrégation et ϕ la fonction qui permet d'évaluer le degré de préférence (\succeq) de $H(Al^q)$ sur $H(Al^l)$. Ceci suppose que toutes les alternatives sont comparables. Une autre condition importante est que les échelles d'évaluation de chaque critère doivent être commensurables.

Approche 2 (CA) : Il s'agit dans cette approche de comparer tout d'abord, critère par critère, les performances des alternatives. Ainsi, pour chaque paire (Al^q, Al^l) et chaque paire d'évaluation (x_i^q, x_i^l) relative au critère i , un indice binaire de préférence partielle est défini $\phi_i(x_i^q, x_i^l)$. Une agrégation de ces indices de préférence partielle détermine par la suite la préférence (\succeq) de Al^q par rapport à Al^l . Formellement, cette approche s'écrit :

$$\succeq (Al^q, Al^l) = H(\phi_1(x_1^q, x_1^l), \dots, \phi_n(x_n^q, x_n^l))$$

avec H un opérateur d'agrégation et ϕ_i un opérateur de comparaison.

Dans cette approche, on n'agrège plus les scores mais les préférences, donc le problème de commensurabilité de l'échelle ne se pose plus. Toutefois le problème réside dans le choix final de la meilleure alternative.

Dans le cadre de nos travaux et en rapport avec notre chapitre d'application, nous ne nous intéresserons qu'au cas où la stratégie d'agrégation porte sur les degrés de satisfaction des alternatives que l'on cherche à comparer relativement à un degré de satisfaction agrégé. Par conséquent, l'approche 1 est celle que nous adopterons par la suite. En effet, un évaluateur dans notre application n'est pas supposé connaître d'autres alternatives que celle qu'il évalue.

L'objectif est donc de construire une fonction, un opérateur d'agrégation, $H : [a, b]^n \rightarrow [a, b]$ telle que, pour chaque alternative Al^q , on ait :

$$H(Al^q) = H(x_1^q, \dots, x_n^q)$$

où $H(Al^q)$ représente l'évaluation globale de la solution Al^q relativement à tous les critères, H étant l'opérateur d'agrégation à déterminer. Les solutions Al^q peuvent donc ensuite être classées relativement à leur score agrégé $H(Al^q)$.

1.3.3 Les opérateurs d'agrégation dans l'aide à la décision multicritère

Pour parvenir à un classement pertinent des alternatives, l'opérateur d'agrégation H doit être défini de manière à identifier une stratégie décisionnelle. C'est la raison pour laquelle nous allons maintenant préciser les propriétés attendues de l'opérateur d'agrégation H dans le cadre de nos travaux.

L'opérateur d'agrégation H doit permettre :

- de couvrir un large éventail de comportements décisionnels. Un décideur peut être tolérant et se contenter de ce que seuls quelques critères soient satisfaits (au minimum 1), ce qui traduit un comportement disjonctif. Comme il peut être intolérant et exiger la satisfaction de tous les critères traduisant ainsi un comportement conjonctif,
- d'exprimer l'effet de *compensation* entre les critères (le mauvais score partiel d'un critère peut être compensé par le score élevé d'un autre critère) ainsi que l'effet de *redondance* (des critères que l'on peut considérer comme interchangeables parce que les évaluations partielles respectives auxquelles ils se rapportent évoluent dans le même sens) ou encore un effet de *synergie* ou *complémentarité* entre les critères (la satisfaction simultanée de deux critères a plus d'influence sur l'évaluation globale que si les satisfactions de ces critères étaient prises séparément),
- d'interpréter facilement la sémantique de l'opérateur, c'est-à-dire de relier les paramètres de l'opérateur à la stratégie du décideur.

Ainsi, satisfaire les besoins énoncés précédemment implique que l'on doit porter autant d'attention à la sémantique des opérateurs mathématiques d'agrégation multicritère qu'à leurs propriétés mathématiques [Dubois (1983)] [Koning (1990)] [Dubois & Prade (1985)].

Dans notre contexte de groupes d'acteurs coopératifs, la stratégie d'évaluation est définie et imposée par un comité réduit de direction, d'éthique, etc, dans une logique de compromis. Mais, la stratégie ne donne pas un rôle symétrique aux différents critères de sélection, notamment en raison des interactions qui existent entre eux. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à la famille des intégrales floues de Choquet qui modélise bien un comportement de moyenne "généralisée" tout en mettant en évidence les importances relatives et les interactions entre critères.

Une présentation de l'intégrale de Choquet et de ses propriétés est donnée dans le chapitre II. Pour une liste exhaustive d'opérateurs d'agrégation répondant à d'autres stratégies, adaptées à d'autres contextes, nous renvoyons le lecteur à [Marichal (2006)].

1.3.4 L'explication dans le contexte multicritère et multi-acteurs

Donnons quelques exemples de décisions stratégiques ou organisationnelles, où les notions d'explication et de justification sont essentielles. Dans le domaine du politique au sens large du terme, c'est la distribution du pouvoir entre les hommes politiques, technocrates et société civile qui constitue la trame des acquis de la science politique. Il est essentiel de se représenter la multiplicité des points de vue pour adopter une stratégie pertinente, construire une rhétorique convaincante. L'argumentaire apparaît ainsi comme un incontournable exercice de rhétorique du monde politique.

[Doise & Moscovi (1992)] expliquent que la décision de groupe se ramène à la construction d'un consensus. La délibération est au cœur de la dynamique décisionnelle : la pertinence rhétorique, l'aptitude à exposer sa stratégie et ses conclusions par les différents groupes qui s'affrontent dans le processus décisionnel jouent un rôle essentiel pour faire entendre son positionnement et converger vers un consensus.

Prenons enfin un exemple plus proche de la problématique qui sera développée dans notre chapitre III d'application. Le WWW nous offre un monde de l'information prodigieux sans limite, ce qui pourrait apparaître comme quelque chose de véritablement bénéfique, mais d'un autre côté, c'est l'ouverture à un monde inexorable et incontrôlable (en terme de quantité et de fiabilité des informations délivrées), où l'ensemble des choix possibles est quasi infini. . . Le problème pour le décideur en quête de l'"information pertinente" n'est plus l'accès à cette information qui tend à être uniformément distribuée, mais de savoir la trouver dans d'imposants flux informationnels extrêmement "bruités". Le journal "Le Monde", du 14 mars 2001, annonçait qu'une étude de l'Université de Berkeley avait établi que l'homme créerait plus d'information dans les deux à trois ans à venir qu'au cours des 40000 dernières années...

Ainsi confronté à cet inépuisable espace des possibles, les cyber-consommateurs sans a priori, ont tendance à se tourner naturellement vers les opinions et les expériences des autres clients pour y trouver l'information la plus proche qui soit de leurs préoccupations [Denguir-Rekik *et al.* (2005b)]. Ce comportement est à l'origine du concept de e-recommandation : les sites de e-recommandation sont dédiés à soutenir, gérer et automatiser les partages d'opinions et de recommandations de communautés de cyber-consommateurs, à les guider dans leurs évaluations et sélections (ex : Ciao.com, Leguide.com). On en vient à consulter de l'information sur l'information, à recourir aux statistiques pour estimer la fiabilité de ce qu'on peut lire [Denguir-Rekik *et al.* (2005a)] [Denguir-Rekik *et al.* (2006)] !...

Ainsi, nous pensons que l'objectif de l'aide à la décision (dans une relation de médiatisation entre l'homme et la situation à laquelle il se confronte) est de fournir des éléments concourant à éclairer la décision, à recommander, ou simplement à favoriser un comportement cohérent et rationnel. Il s'agit alors d'élaborer des modèles de compréhension pour aider le décideur à comprendre et à agir en situation complexe, à appréhender et manager les risques inhérents à la décision. La faculté de l'homme à adapter, anticiper ses actions dépend en effet en premier lieu de sa compréhension de la situation, de son diagnostic sur celle-ci. Les modèles cognitifs en jeu

doivent donc constituer le cœur des systèmes d'informations décisionnels et les supporter quand il s'agit d'explicitier la trace de leur logique décisionnelle.

Notons que cette problématique de l'explication ou encore l'"argumentation" dans la décision a déjà été considérée dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) [De Kleer & Brown (1984)] [Iwasaki & Simon (1986)] [Feraud-Beaumont *et al.* (1989)] [Dubois & Gentil (1994)] [Leyval *et al.* (1994)] [Montmain (2000)] [Montmain & Gentil (2000)]. En effet, l'IA peut apporter, entre autres, des formulations qui se prêtent ensuite plus facilement à des possibilités d'explication des décisions proposées. Récemment, un certain nombre de travaux qui traitent de l'approche argumentative pour une décision qualitative en environnement incertain ont été proposés [Prade (2005)] [Amgoud & Prade (2004)]. Dans ces travaux, l'argument est constitué d'une preuve logique pour une conclusion. Notre approche est plutôt dans la lignée de génération automatique d'indicateurs d'explication ou d'impacts dans les systèmes de fusion d'informations [Dasarathy (2000)] [Valet (2001)].

Plus précisément, nous nous intéressons à définir la contribution de chaque évaluation partielle à l'évaluation globale, et ce pour chaque alternative considérée, et non pas la contribution moyenne de chaque critère comme cela est fait dans [Labreuche (2005)] [Labreuche (2006)].

Par ailleurs, en ce qui concerne les outils informatiques, l'engagement conjoint de l'homme et de la machine pour résoudre des situations décisionnelles complexes conduit au concept de Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD). Pour qu'un SIAD soit accepté par ses utilisateurs, il faut non seulement qu'il soit capable de gérer toutes les informations disponibles utiles à la décision suivant plusieurs perspectives d'analyse, mais qu'il propose en plus la trace de la logique décisionnelle qu'il a utilisée à des fins d'élucidation et de recommandation. L'explication permet de juger de la pertinence des déductions ou des inférences du SIAD. Les SIAD n'ont plus pour objectif la recherche d'une solution optimale, mais permettent plutôt d'orienter le décideur et/ou l'analyste vers des points qu'il ne pourrait pas toujours observer seul.

1.4 Illustration : Exemples de situations de décision multicritère et multi-acteurs

Nous allons illustrer dans cette section des situations de décision dans un contexte multicritère et multi-acteurs pour lesquelles des supports informatiques d'aide à la décision ont été développés dans le laboratoire de recherche où se sont effectués nos travaux. Les différentes phases du modèle de Tsoukiàs sont évoquées dans la description des applications, mais on s'attache principalement à montrer l'importance de l'explication et de la recommandation dans chacune de ces situations. Ces applications concernent respectivement l'évaluation de films sur les sites de "Films recommander" et la sélection de solutions technologiques dans le cadre du projet EtLD du Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA). Nous nous limitons dans ce mémoire à l'illustration de ces deux applications. Le lecteur trouvera une autre application relative à la gestion d'appel d'offres dans [Denguir *et al.* (2004)] [Tardy (2004)].

1.4.1 Le "Films recommander" : évaluer, comparer et recommander

1.4.1.1 Description

Notre premier exemple est tiré des travaux de A.Akharraz [Akharraz (2004)]. Il s'agissait de concevoir un système d'aide à la sélection de films, un "films recommander".

De nombreux sites web proposent des conseils, des évaluations et des classements aux cinéphiles en quête d'un bon film. Ces sites hébergent de nombreuses critiques rédigées par les cybernautes qui veulent faire partager leurs impressions. Le cinéphile-critique a ainsi la possibilité de noter un film qu'il a été voir, relativement à chacun des critères du référentiel d'évaluation imposés par le "films recommander". Ces scores partiels s'expriment en général soit à travers des échelles numériques discrètes soit par le biais d'un nombre d'étoiles ou de barres (le quart d'étoile ou de barre étant souvent la granularité minimale de l'échelle). A chaque score partiel, le cinéphile peut attacher un commentaire, sa critique à proprement parler, qui a pour objet d'explicitier son évaluation. Il va de soi qu'en toute logique, la critique en langage naturel doit exprimer un jugement de valeur cohérent avec le score attribué.



FIG. 1.3 – Un exemple de site de "films recommander"

Le score permet d'avoir une représentation extrêmement synthétique de l'information, mais les critiques restent utiles pour le cinéphile client. En effet, la critique en langage naturel est un élément de rhétorique qui vient légitimer le score qui a été attribué à un film. Il est en effet usuel chez l'être humain de raisonner symboliquement sur des données quantitatives précises ou imprécises, certaines ou incertaines : la critique est la transcription symbolique du score. Elle est certes subjective parce que liée à l'interprétation de son auteur, mais elle demeure moins "artificielle" que le score associé car celui-ci introduit en plus la notion d'échelle de valeur dans l'évaluation. L'association score/critique est donc essentielle pour que l'utilisateur accorde une certaine légitimité au classement du "films recommander" : a priori, le score fournirait à lui seul l'information recherchée (le classement) mais il a besoin d'être étayé d'une explication, d'être argumenté via l'élément de rhétorique qu'est la critique pour être accepté par l'utilisateur.

Par ailleurs, le "films recommander" fixe non seulement les dimensions de l'évaluation, mais aussi l'importance relative des critères : l'évaluation globale du film au vu des scores partiels attribués par le cinéphile résulte classiquement d'une moyenne pondérée dont les paramètres ont été fixés par le site de recommandation. Il s'agit donc ici d'une situation de décision multicritère et multi-acteurs qui correspond à un collectif d'acteurs coopératifs auquel la stratégie d'évaluation est imposée par le site de recommandation, mais où la diversité des avis, des goûts de chaque individu de la communauté fait la richesse de la recommandation, les systèmes de valeur restent individuels.

Un autre aspect dans ces travaux concernait la fiabilité de la recommandation. En effet, les évaluations partielles par le collectif qui alimente la base de critiques sont plus ou moins complètes et plus ou moins nombreuses à un instant donné, le classement est plus ou moins serré, ce qui pose le problème de la fiabilité des scores qui servent à obtenir le score global. La recommandation sur la base des critiques disponibles à un instant donné est sujette à un risque décisionnel, qui peut se traduire par des recommandations qui ne satisfont pas le cinéphile client. Contrôler le risque décisionnel en ajoutant de façon itérative l'information la plus discriminante dans la base de critiques constitue donc un enjeu important : il s'agit en fait de réduire efficacement l'incertitude épistémique (l'incertitude liée à l'état des savoirs à un instant donné) en identifiant les dimensions de l'évaluation sur lesquelles il est le plus opportun d'acquérir de nouvelles informations. Ainsi, lorsque deux films se "tiennent dans un mouchoir de poche", le système doit déterminer quelles sont les dimensions les plus sensibles dans cette comparaison, i.e., les dimensions selon lesquelles l'ajout d'une seule critique pourrait remettre en question la préférence d'un film sur l'autre. Pour que le classement puisse ultérieurement être estimé plus stable, le "films recommander" aura tout intérêt à acquérir de nouvelles critiques selon les dimensions identifiées par le système, auprès de la presse spécialisée ou en encourageant la communauté à se mobiliser sur la question. Une boucle de régulation par la phase d'information sur la dynamique de la phase d'évaluation dans une interprétation cybernétique du modèle IDCRC de Simon a été définie. Développer des fonctionnalités pour justifier la recommandation d'un film et contrôler dans le temps la fiabilité de cette recommandation sont les deux fonctionnalités avancées du "films recommander" (Figure 1.4).

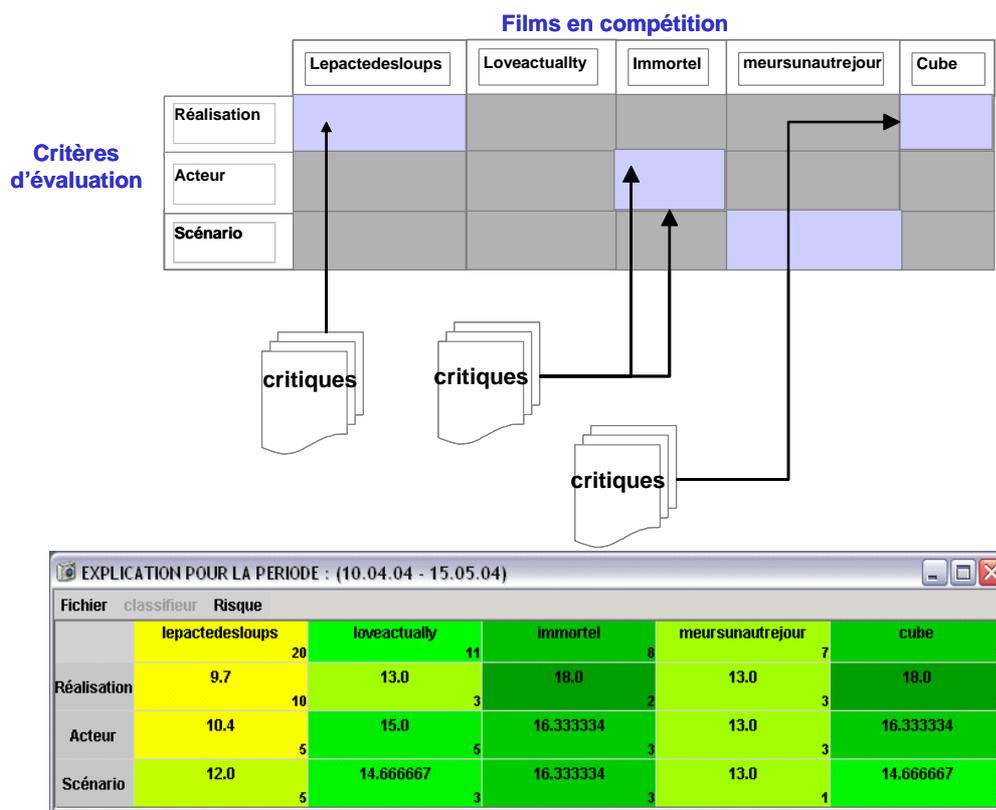


FIG. 1.4 – Concept de l'évaluation multicritère des films

Akharraz fait néanmoins remarquer que l'hypothèse d'indépendance des critères ou plutôt de non-interaction des critères fixés par les recommenders est très discutable : à quoi sert une myriade d'effets spéciaux sans une grande qualité d'image ? L'intrigue d'un film, peut-elle être un succès si le jeu des acteurs et le scénario ne sont pas conjointement réussis ? C'est donc tout naturellement que l'auteur s'est tourné vers l'intégrale de Choquet pour son modèle d'agrégation multicritère.

Le contexte des "films recommander" définit bien une situation multicritère et multi-acteurs. Les critères sont la qualité de l'image, les effets spéciaux, le scénario, la réalisation, la bande son, le jeu des acteurs, etc. Les acteurs sont les cinéphiles-critiques qui animent la communauté cliente du "films recommander". Tous ont un objectif commun : déterminer le meilleur film à un instant donné. Ils jugent et évaluent les films selon leur propre système de valeur, mais les dimensions de l'évaluation et la stratégie d'agrégation multicritère sont imposées par le "films recommander". Au-delà, d'un classement et des évaluations, le cinéphile qui consulte un "films recommander" recherche une recommandation, il a besoin que les critiques sur lesquelles se sont appuyées une évaluation ou un classement lui soient restituées : il s'agit là du caractère "explication", "justification" attendu du SIAD. Voilà donc poser la formulation du problème d'aide à la décision.

Le mode d'évaluation des films repose ensuite sur une agrégation par intégrale de Choquet des évaluations partielles propres aux critères d'évaluation du "films recommander". Ce niveau d'agrégation est le reflet de la stratégie de sélection imposée par le site de recommandation. Par ailleurs, l'évaluation partielle d'un film i selon un critère j s'effectue sur la base de toutes les critiques relatives au croisement du film i et du critère j . Là encore, il a été décidé d'avoir à nouveau recours à l'agrégation multicritère pour agréger les différents avis relatifs à un même sujet (film i et critère j). Il a utilisé une simple moyenne arithmétique à ce niveau de l'agrégation. Le principe de cette agrégation à deux niveaux est donné par la figure 1.5.

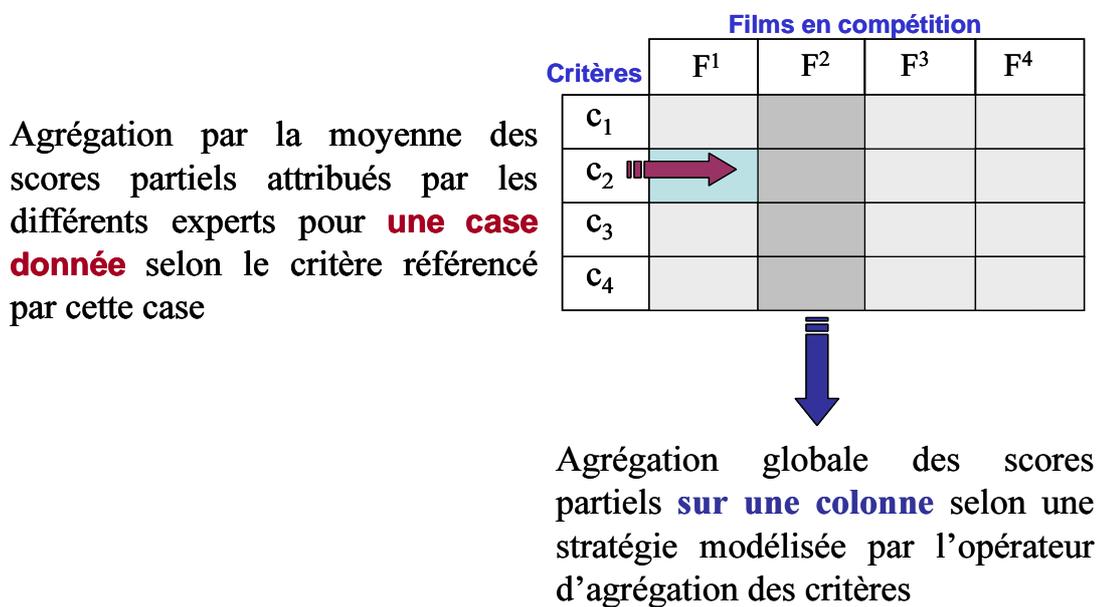


FIG. 1.5 – Les différents niveaux d'agrégation

D'autres opérateurs d'agrégation (uninormes, majorités ou unanimités restreintes, [Yager (2002)]) auraient sans doute apporté un modèle plus pertinent au niveau d'agrégation d'une case (i, j) où l'on cherche à fusionner l'avis d'un collectif d'acteurs, mais il nous semble que le véritable problème de cette modélisation ne vient pas tant du choix de l'opérateur que du principe même d'agréger ces avis. Mais avant d'émettre quelques réserves sur le modèle retenu par Akharraz, il nous reste à aborder la phase de recommandation finale de son aide à la décision.

La recommandation du SIAD ("films recommander") comporte deux volets :

- le premier de ces volets consiste à expliquer le classement d'un film ou la préférence d'un film à un autre, ou encore la différence de score global obtenu par deux films dans le cadre de l'agrégation multicritère par une Intégrale de Choquet. Pour cela, une décomposition systématique des expressions mathématiques modélisant la comparaison de films concurrents en contributions marginales des critères a été utilisée. Plus la contribution marginale

est grande, plus le critère a eu un rôle déterminant dans la préférence. Cette analyse permet d'expliquer une évaluation, une préférence par un sous-ensemble de critères qui ont été particulièrement discriminants. La recommandation d'un film à un cinéophile consiste donc à lui fournir les critères qui ont fait que ce film s'est détaché du lot des films à l'affiche, les critères qui constituent les atouts de l'évaluation de ce film, etc. Dans un second niveau d'explication, le "films recommander" restitue les critiques de sa base qui supportent et illustrent cette analyse ;

- Le second volet de la recommandation de ce système d'aide à la décision consiste à déterminer les dimensions sur lesquelles il est le plus utile d'acquérir de nouvelles informations dans le cadre d'un processus itératif d'évaluation visant à réduire autant que se peut l'incertitude épistémique de la situation décisionnelle. Ce niveau de recommandation est sans lien avec l'explication d'un classement ou d'un score et relève d'une procédure d'optimisation que nous ne développerons donc pas dans cete synthèse.

1.4.1.2 Apport et limites

L'utilisation de l'intégrale de Choquet pour modéliser la stratégie d'évaluation imposée par le "films recommander" a donné pleinement satisfaction. La correction apportée aux évaluations globales en prenant en compte l'interaction des critères a permis d'évaluer le biais de l'estimation par la somme pondérée. Si le principe de l'agrégation pour modéliser la stratégie de sélection du "films recommander" ne semble pas devoir être remis en question. Il nous semble par contre, que le principe de l'agrégation appliqué à l'agrégation des avis des cinéophiles relatifs à un même sujet (film i et critère j) est plus tendancieux. Il ne s'agit pas là de modéliser une véritable évaluation multicritère, mais de fusionner les avis des différents acteurs de l'évaluation. L'ensemble des opinions émis à l'égard d'un film sous la perspective d'analyse d'un critère donné est ramené à une valeur unique, le score partiel du film selon ce critère. On perd donc très tôt dans l'analyse de la base de critiques la diversité d'opinions, la multiplicité des points de vue qui fait pourtant la richesse de ce type de systèmes d'information. Nous pensons donc que ce premier niveau d'agrégation n'a pas lieu d'être et qu'il nuit à la représentation de l'aspect multi-acteurs de la situation. Il est essentiel de préserver dans la modélisation du problème cette notion de dispersion des avis et, par conséquent, de l'intégrer dans la phase d'agrégation suivante, c'est-à-dire la stratégie d'évaluation du "films recommander" par l'intégrale de Choquet.

Enfin, dans son système d'évaluation, Akharraz ne se pose pas le problème de la précision des évaluations des critiques : il fait l'hypothèse que les scores partiels qu'ils manipulent sont précis et exprimés dans des échelles d'intervalles continues. Le recours aux systèmes d'évaluation avec des étoiles ou des barres largement répandus sur le web laisse pourtant entendre que l'on n'est pas dupe de l'incertitude qu'engendrent la subjectivité et l'imprécision des estimations d'évaluateurs... amateurs.

1.4.2 Explication et légitimation de choix stratégiques : cas du projet EtLD

1.4.2.1 Description

Le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) est chargé de mener des études sur l'entreposage de longue durée dans le cadre plus général des recherches sur la gestion des déchets nucléaires. Il a reçu une mission des pouvoirs publics d'élaborer et de présenter des solutions d'entreposage pour chaque type de déchets et pour les combustibles usés qui pourraient faire l'objet d'un entreposage de longue durée dans l'attente d'un mode de gestion définitif. Il proposera des variantes en surface et en *subsurface*. Il en évaluera la sûreté et l'économie pour éclairer les choix de 2007. L'ensemble des recherches sur l'entreposage, en surface et en subsurface, est conduit avec l'objectif de fournir au Gouvernement des résultats lui permettant de disposer d'une réelle possibilité décisionnelle sur le choix de sites et de concepts d'entreposage de longue durée à partir de 2007. C'est une obligation de résultats : le CEA devra présenter des propositions concrètes décidables. Les orientations intègrent les recommandations formulées par la Commission Nationale d'Evaluation (CNE).

L'entreposage est un mode de gestion des colis de déchet assurant, par conception, leur conservation et leur reprise ultérieure, dans des conditions sûres et techniquement établies. La multiplicité des entreposages existants montre qu'il n'y a pas de difficultés majeures en termes de faisabilité technique et industrielle. Ces concepts industriels d'entreposage pourraient être renouvelés, par périodes successives : on reprend pour cela les colis à la fin de la période d'exploitation et on les place, après un éventuel reconditionnement, dans un entreposage neuf. Une autre solution consiste à modifier les concepts existants, pour aboutir à des concepts d'entreposage de longue durée, qui se caractérisent par le fait que leur conception, leur réalisation et leur mode d'exploitation permettent, dès l'origine, d'envisager un entreposage d'une seule traite sur une durée séculaire, contribuant ainsi à accroître l'ouverture et la flexibilité des solutions envisageables pour l'aval du cycle.

Les programmes ont pour but de produire les éléments scientifiques et techniques sur les modes de réalisation et les règles de fonctionnement d'un entreposage de longue durée, ainsi que les bases de connaissance permettant d'établir sa faisabilité, notamment du point de vue de la sûreté. La production de ces concepts, ainsi que la démonstration de ce potentiel de durabilité, sont du domaine de la R&D : les décisions de réalisation et d'utilisation complète ou partielle de ce potentiel relèvent des pouvoirs publics et des industriels, quand le Parlement se sera prononcé selon les dispositions de la loi du 30 décembre 1991.

Les études comportent trois volets :

- L'étude des concepts d'entreposage (concepts d'installations et de familles de conteneurs) incluant les études de sûreté, d'évaluation économique, d'interface avec les autres installations du cycle et la quantification des indicateurs de durabilité ;
- Les développements technologiques spécifiques de composants particuliers, sollicités par la longue durée d'entreposage : ils nécessitent une conception et une qualification spécifiques, utilisant des démonstrateurs et bancs de qualification. Les programmes sont focalisés sur un nombre restreint de questions clé et concernent :

1. le système de conteneur et sa fiabilité (fermeture, ouverture, étanchéité,...),
 2. la robustesse de la structure d'accueil des colis (guidage à la réception, maintien dans la durée, reprise en situation normale ou dégradée),
 3. le refroidissement adaptable à l'évolution de la chaleur dégagée par les colis et la prévention de la condensation (source de corrosion) sur les colis,
 4. la définition des protocoles de caractérisation des matériaux d'infrastructure et de site pour être utilisables pour un entreposage qualifié pour la longue durée,
 5. les techniques de surveillance de l'intégrité des barrières de confinement.
- La recherche scientifique afin d'établir les connaissances nécessaires à la démonstration des performances en termes de robustesse et de durabilité de l'entreposage.

Cette brève description du projet fixe d'emblée les enjeux de l'EtLD : être capable sur dix ans d'évaluer plusieurs alternatives technologiques, de les comparer avant d'en retenir une, le tout dans un contexte d'analyse hautement multidimensionnel. Les macro-critères en jeu relèvent de l'économie, la sûreté, la durabilité et l'acceptabilité. Chacun de ces macro-critères se décline en critères plus techniques. Dans ce contexte, il s'agit d'acquérir les connaissances scientifiques permettant de proposer et légitimer des règles de conception et de construction, des modes de fonctionnement permettant de garantir la maîtrise de la longue durée. Ainsi, si l'enjeu initial en 1997, en termes de gestion de projet, se pose comme un problème de gestion des connaissances classique sur les dix années à suivre, la nécessité de construire un argumentaire explicitant les choix retenus ou les voies abandonnées devient rapidement l'objectif des ingénieurs engagés dans cette analyse comparative de solutions technologiques. D'une imposante production documentaire, il s'agit d'extraire et de rapporter les éléments décisionnels (techniques, économiques, sécuritaires, etc.) aux pouvoirs publics ou encore à la CNE. Voilà donc comment le problème de décision posé par EtLD peut se formuler :

- une grosse quantité d'informations à gérer,
- un espace d'évaluation multidimensionnel des solutions technologiques à l'étude (contexte multicritère),
- plus de cent ingénieurs pour participer à cette évaluation (contexte multi-acteurs),
- la stratégie d'évaluation globale des solutions technologiques envisagées passe une phase d'agrégation multicritère qui est déterminée par le CEA. C'est une stratégie qui est propre au CEA. Pour d'autres acteurs du nucléaire fortement impliqués dans l'EtLD comme l'ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs), les enjeux sont différents et la stratégie serait sans doute quelque peu différente,
- l'un des objectifs prioritaires de l'EtLD est de raisonner, légitimer les choix stratégiques proposés auprès de la CNE afin que les recommandations prônées par le CEA soient accessibles au politique.

Précisons maintenant le modèle d'évaluation. Chaque solution technologique doit être évaluée selon les perspectives d'analyse imposées par les programmes (voir items ci-avant) et selon une logique décisionnelle propre au CEA. Les ingénieurs se livrent donc à une évaluation multicritère

des alternatives envisagées. L'évaluation est également multi-acteurs car les expérimentations, les calculs, les études d'ingénierie, etc., qui permettent de juger une solution au regard d'un critère d'évaluation sont élaborés par plusieurs équipes qui n'ont pas forcément recours aux mêmes hypothèses, modèles, mesures, techniques, etc. In fine, pour une solution d'EtLD et une perspective d'analyse donnée, plusieurs conclusions peuvent être établies, une multiplicité de rationalités différentes se confrontent.

En 1998, un Intranet est donc proposé pour supporter l'évolution dynamique du corpus des connaissances, le partage des connaissances entre les acteurs du projet [Montmain *et al.* (2002)] (Figure 1.6). La base de connaissances est naturellement structurée selon les solutions technologiques envisagées et les problématiques abordées suivant les différents axes du projet. Un outil de cartographie des documents est requis. La complexité du problème amène les acteurs du projet à hiérarchiser les problématiques abordées pour aboutir à une cartographie comme illustrée sur la figure 1.7, où les colonnes portent les noms des solutions technologiques envisagées (masquées sur la figure pour des raisons de confidentialité) et les lignes les perspectives d'analyse.

Cette base de connaissances ainsi structurée est dédiée aux processus d'évaluation et de comparaison des alternatives d'EtLD. Il devient alors plus facile de préparer l'argumentation de choix, de préférences, pour la CNE ou les autorités politiques puisque la connaissance a été organisée à des fins de sélection. Chaque ingénieur en charge de rapporter sur un ensemble d'alternatives A au regard d'un ensemble de perspectives d'analyse P sait directement où aller chercher les éléments de connaissances qui supporteront la rhétorique de son analyse comparative. Ainsi, rendre compte aux autorités de l'avancement du projet et des conclusions intermédiaires devient chose plus aisée : les éléments de rhétorique du collectif d'ingénieurs EtLD sont cartographiés et gérés dans le serveur intranet.

La légitimation des choix jalonnant le projet trouve donc un support informatique dans cette cartographie dédiée à la comparaison d'alternatives. Néanmoins, l'évaluation et la comparaison dans ce contexte multicritère et multi-acteurs aurait nécessité un accompagnement plus sophistiquée en termes d'outils d'analyse pour que l'on puisse espérer une automatisation plus poussée de l'explicitation de la logique décisionnelle de l'équipe projet.

Dans sa thèse, Akharraz s'est penché sur l'automatisation de cette procédure de traitement de l'information [Akharraz (2004)]. Il a considéré que chaque élément de connaissance (EC) rédigé et cartographié dans la base du référentiel de connaissance constituait un jugement de valeur sur une alternative technologique au regard d'un critère d'évaluation dérivé des problématiques d'EtLD. Il suffit alors de transformer ce jugement de valeur en un score partiel pour amorcer une évaluation plus quantitative des alternatives. Les ingénieurs d'EtLD se sont prêtés à cette attribution de score qu'il rattachait à leur EC. Pour autant, il s'agissait là pour eux d'un coût informationnel supplémentaire relativement à l'indexation de leur base de connaissances : il n'était donc pas question de leur imposer une échelle d'évaluation quelle qu'elle soit, ils ont exprimé les scores dans une échelle discrète mais cardinale de leur choix.

Parce que le contexte est multi-acteurs, plusieurs ECs peuvent se référer à une même case de la grille d'évaluation. Autrement dit le score partiel d'une alternative vis-à-vis d'un critère d'évaluation doit être la résultante des scores élémentaires des ECs associés à la case corres-



FIG. 1.6 – Le serveur de connaissance d’EtLD

pondante. Akharraz a alors pris parti d’agrèger les scores élémentaires des ECs d’une case pour calculer le score partiel de l’alternative au regard du critère concerné [Akharraz (2004)]. Il propose ainsi de prendre pour opérateur d’agrégation au niveau d’une case (alternative i , critère j), une moyenne arithmétique. D’autres opérateurs avec des sémantiques plus élaborées (majorités ou unanimités restreintes, uninormes, etc.) auraient bien sûr pu être envisagés, mais la simplicité du modèle retenu ne nuit en rien à la généralité des fonctionnalités d’aide à la décision qu’il élabore. Il a ensuite proposé d’agrèger les scores partiels d’une alternative pour lui attribuer un score global. A ce second niveau d’agrégation, il a discuté de l’intérêt d’utiliser des opérateurs de la famille de l’intégrale de Choquet pour prendre en compte l’importance relative des critères de sélection et les interactions entre ceux-ci. A l’issue de cette seconde étape d’agrégation, les alternatives peuvent alors être classées en fonction de leur seul score global.

Il s’est ensuite intéressé à la justification du classement des alternatives : il a proposé plusieurs indices d’explication basés sur la notion de contribution marginale d’un critère au score global d’une alternative pour justifier de la préférence d’une solution par rapport à une autre. La légitimation des choix repose donc sur l’aptitude du système d’aide à la décision à élucider la procédure d’évaluation : cette explication consiste à identifier les critères qui ont joué un rôle déterminant dans l’évaluation d’une alternative, dans la préférence d’une alternative par rapport à une autre. La phase d’élucidation s’assimile donc à une analyse de diagnostic : on recherche les causes qui expliquent la situation décisionnelle.

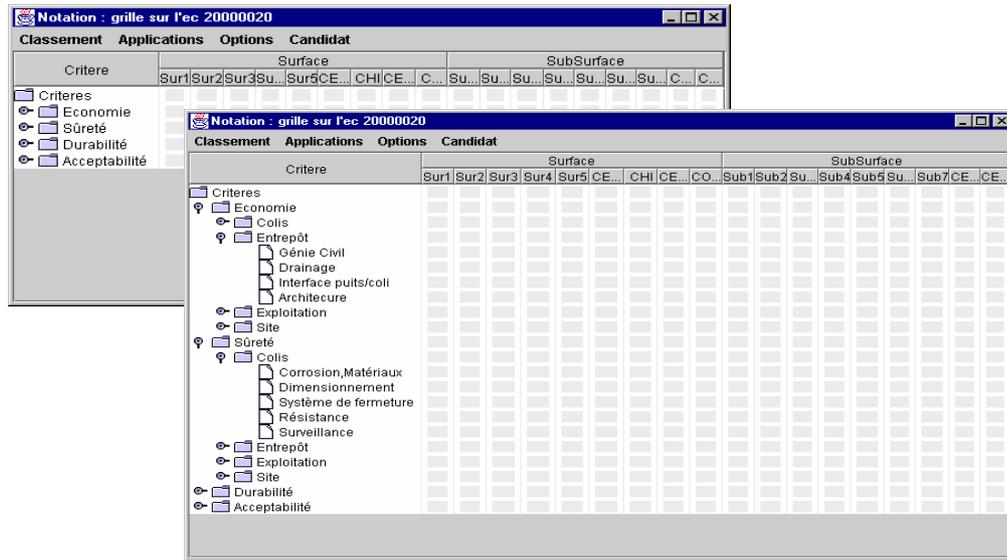


FIG. 1.7 – Cartographie hiérarchisée dans EtLD

1.4.2.2 Apport et limites

Si l'on veut résumer en un mot le modèle formel proposé par [Akharraz (2004)], on peut dire qu'il a abordé le contexte décisionnel multicritère et multi-acteurs d'EtLD par le seul biais de l'agrégation multicritère. C'est dans ce point que réside la véritable restriction de son approche : agréger les opinions exprimées par les ECs au niveau de la case (alternative i , critère j) constitue une perte d'information conséquente car l'information relative à la dispersion, la variabilité des points de vue disparaît d'emblée. Nous ne remettons pas en cause l'agrégation multicritère au niveau des critères d'évaluation car l'intégrale de Choquet utilisée à cet effet offrait une vision mathématique de l'évaluation qui permettait de prendre en compte l'importance relative des critères mais aussi l'interaction entre ceux-ci et rendait ainsi compte d'une stratégie implicite de sélection de l'équipe projet d'EtLD. Par contre, l'agrégation des scores associés aux ECs d'une case ne nous paraît pas être le formalisme le plus adéquat pour rendre compte de l'aspect multi-acteurs du processus d'évaluation d'EtLD. En effet, en agrégeant les scores des ECs relatifs à une case, l'information relative à la dispersion des conclusions des ingénieurs est perdue dès la première étape de traitement de l'information. L'évaluation d'une alternative d'EtLD relativement à un critère donné ne saurait se réduire à une seule valeur "moyenne", les autorités politiques et scientifiques qui supervisent le projet ont justement besoin de connaître les points très controversés ou les zones d'incertitude. En effet pour une même valeur moyenne, une situation consensuelle, de forte controverse ou d'incertitude, ne devrait vraisemblablement pas conduire à une même décision.

L'explication proposée par Akharraz est une explication en "moyenne", c'est-à-dire que l'on raisonne à un niveau macroscopique sur les alternatives. L'évaluation pour chaque critère est réduite à un "moment d'ordre un" qui ne permet plus de comprendre la genèse de cette évaluation (fil-

trage trop grossier de l'information). Par contre, si l'on conserve les scores élémentaires des ECs, l'explication de l'évaluation d'une alternative peut faire l'objet d'une investigation plus poussée et apporter des éléments fondamentaux aux décideurs. Néanmoins, percevoir l'évaluation d'une alternative vis-à-vis d'un critère comme une distribution de quelque nature qu'elle soit complexifie aussi l'analyse : on ne pourra plus expliciter les raisons pour lesquelles on préfère une solution à une autre de façon globale parce que l'on sera confronté à des cas où les distributions comparées ne pourront pas être globalement ordonnées (Figure 1.8). Ainsi, sur l'exemple de la figure 1.8, lorsque l'évaluation des alternatives est réduite au score global, on peut dire que B est globalement préférée à A. Lorsque l'évaluation est une distribution, il faut définir une relation d'ordre qui nécessitera un raisonnement local : au niveau de l'explication, il faudra donc distinguer les critères pour lesquels A peut être préférée à B et les critères pour lesquels B peut être préférée à A.

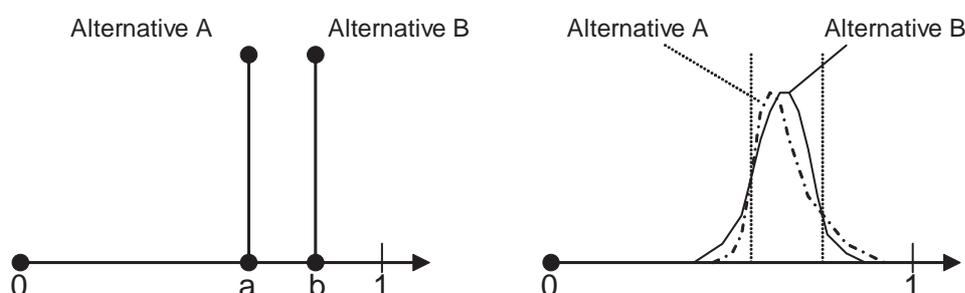


FIG. 1.8 – Comparaison d'alternatives

Pour conclure sur le projet EtLD, on peut dire que le couplage d'un outil de gestion des connaissances et d'une aide à la décision collective argumentée constitue un outil précieux pour les cellules de synthèse et décisionnelles du projet qui ont des comptes à rendre aux autorités publiques et à la CNE. L'instrumentation des phases d'évaluation et de justification des choix supporte cette activité rendue particulièrement difficile d'une part par le contexte multicritère et multi-acteurs de la comparaison, par son étendue dans le temps d'autre part. Sur la base d'une mémoire gérée par le référentiel des connaissances et d'une représentation partagée par le collectif projet, une aide à la légitimation des décisions est ainsi développée pour aider à formuler les propositions qui devront être faites en 2007 par le CEA. Néanmoins, les déficiences du modèle d'aide à la décision demeurent les mêmes que dans la situation du "films recommander" :

- La modélisation des aspects multi-acteurs du problème en termes d'agrégation multicritère constitue une perte d'informations inacceptable dans ce processus de sélection stratégique où c'est justement la diversité des points de vue qui permet d'ouvrir les débats scientifiques et politiques de l'EtLD,
- La précision des évaluations des ingénieurs de l'EtLD n'est pas remise en cause alors qu'il s'agit clairement d'évaluations approximatives.

1.4.3 Conclusion

Les exemples précédents nous ont permis d'illustrer deux différentes situations décisionnelles multicritère et multi-acteurs. Nous avons insisté sur l'intérêt que pouvait représenter l'agrégation multicritère par l'intégrale de Choquet pour modéliser les stratégies d'évaluation dans les espaces multidimensionnels relatifs à chaque application. Néanmoins, deux hypothèses simplificatrices majeures nous semblent avoir nui à la représentation du contexte de décision réel :

- L'agrégation des évaluations émises à l'égard d'une alternative pour un critère donné constitue une perte d'informations injustifiée : le problème du multi-acteurs, la diversité d'opinions, sont formulés comme un problème d'agrégation de l'information et ramenés au choix d'un opérateur d'agrégation (qui plus est, la simple moyenne arithmétique dans le cas de ces applications). Nous avons cependant insisté dans la section 1.3.1 sur la nécessité de gérer la multiplicité des points de vues des acteurs de la décision afin de rendre compte des processus de confrontation et de délibération dans l'obtention d'un consensus dans une décision de groupe. Formuler ce point comme un problème d'agrégation multicritère inhibe complètement cet aspect de l'évaluation de groupe : la décision y semble résulter d'évaluations nécessairement cohérentes et homogènes alors que c'est le modèle d'agrégation qui réduit drastiquement la pluralité des avis à une valeur de compromis unique.
- Les scores partiels fournis par les différents acteurs pour évaluer une alternative selon un critère donné sont supposés être précis. Or, tout système d'évaluation a ses limites en termes de précision. Supposer l'information précise, empêche toute perception de l'incertitude qui peut être relative à l'information même ou à sa source traduisant un défaut quantitatif de l'information. Ainsi, les descriptions linguistiques, vagues par essence, fournies par les différents acteurs sont un exemple de données difficilement analysables de façon classique. Aussi, plutôt que de masquer le problème, il peut paraître intéressant au contraire d'intégrer la connaissance que l'on a de l'imprécision dans les analyses d'évaluation et de sélection.

Les divergences d'opinions et l'imprécision des évaluations reflètent des caractéristiques relevant de l'incertitude inhérente aux situations décisionnelles que l'on aborde. Cette incertitude doit être explicitement introduite dans la formalisation du problème décisionnel. Dans la section qui suit, nous revenons donc sur ce concept d'incertitude.

1.5 Gestion de l'incertitude

Nous proposons dans cette section de recenser et de classer les différentes formes d'incertitude qui peuvent être inhérentes à un processus d'aide à la décision multicritère et multi-acteurs. Nous détaillons par la suite l'incertitude liée à l'imperfection de l'information et justifions de l'intérêt d'une représentation par des distributions de possibilité de cette imperfection dans notre contexte.

1.5.1 Caractérisation de l'incertitude

Nous ne prétendons pas dans cette section faire une classification ou une typologie exhaustive de l'incertitude, nous recensons uniquement les incertitudes spécifiques à notre processus d'aide à la décision. Les connaissances dont on dispose pour décider peuvent être peu fiables, incomplètes, divergentes voire contradictoires, imprécises, etc [Dubois & Prade (1988b)] [Dubois & Prade (2001)] [Motro (1993)] [Smets (1997)]. Une classification des différentes formes d'incertitude est donnée ci-après :

- **i. Une incertitude concernant la modélisation pour**

- déterminer le modèle d'évaluation des alternatives le plus conforme à la réalité. Elle correspond dans notre cas à la détermination des critères d'évaluation, à la précision et la fiabilité de la tâche d'identification de la stratégie d'agrégation.
- discerner tous les choix ou les alternatives pouvant répondre à la problématique décisionnelle (complétude de l'univers des possibles)

- **ii. Une incertitude liée à l'imperfection de l'information**

Les imperfections des connaissances à considérer sont nombreuses. Nous identifions trois principales causes de ces imperfections [Bouchon-Meunier & Nguyen (1996)] [Bouchon-Meunier (1999)] :

- l'imprécision et l'incomplétude,
- l'inconsistance.

Nous revenons dans la sous section suivante (1.5.2) sur ce type d'incertitude qui nous concerne plus spécifiquement.

- **iii. Une incertitude concernant l'authenticité de l'information**

Sous cet angle d'analyse, on peut distinguer deux types d'incertitude : l'incertitude objective qui peut être assimilée à l'aléa et l'incertitude subjective principalement liée à la fiabilité de la source d'information. La gestion de l'incertain dans les systèmes d'information se fait classiquement en attachant une mesure de certitude aux éléments manipulés. La manière dont ces valeurs sont ensuite utilisées dépend du cadre théorique choisi.

Elle peut se traduire par exemple par [Legohérel & Callot (1999)] :

- la non prise en compte de l'état mental (croyance, désir, intention...) du décideur ou de l'évaluateur,
- le profil psychologique des acteurs de décision,
- le degré de vérité, de conviction ou de certitude associé à un jugement.

- **vi. incertitude sur l'influence de l'incertitude dans le processus décisionnel** : Il s'agit d'une méta classe de l'incertitude.

1.5.2 Description des données relatives à l'aspect multi-acteurs et l'évaluation multicritère

Dans le cadre de notre modèle de processus d'aide à la décision, nous limitons notre étude à un aspect particulier de l'incertitude relatif à l'imperfection de l'information. Cette limitation, nous amène à supposer que les autres types d'incertitudes ont un moindre effet sur le processus décisionnel. Nous considérons par exemple que l'incertitude sur le modèle d'agrégation, c'est-à-dire celle relative à l'identification des paramètres de l'intégrale de Choquet, est négligeable comparée à celle inhérente aux évaluations partielles des alternatives. En effet, les situations qui nous intéressent se situent dans un cadre d'acteurs coopératifs où une stratégie collective a été définie a priori par un comité d'éthique, de direction, de juges, etc ; la stratégie n'est donc pas un élément discutable, elle est imposée préalablement aux évaluations (figure 1.2).

Concernant l'imperfection de l'information, nous avons mentionné, dans la section précédente l'imprécision, l'incomplétude et l'inconsistance comme étant parmi les principales formes de l'imperfection de l'information. Ces différentes formes ne sont pas exclusives et peuvent se décliner en sous-catégories. En effet, les données—les degrés de satisfaction—fournies par les évaluateurs et sur lesquelles repose notre système d'aide à la décision peuvent être imprécises, incomplètes ou encore inconsistantes. Nous allons donc détailler ce pan particulier de notre typologie de l'incertitude.

1.5.2.1 Données imprécises

Une information est dite imprécise si elle s'avère insuffisante pour l'usage qu'on voudrait en faire et notamment pour répondre à une question donnée de manière claire. C'est en général le contenu d'une information, ce à quoi elle réfère, qui est imprécis. Elle se traduit soit par une hésitation face à plusieurs choix entre lesquels on ne peut pas trancher, soit par des valeurs mutuellement exclusives mais dont aucune n'est exclue [Dubois & Prade (1994)].

Cette imprécision peut provenir par exemple,

- d'une mauvaise connaissance des informations numériques qui peut être la conséquence d'une insuffisance des instruments d'observation (4000 à 5000 touristes), d'erreurs de mesures (poids à 1% près) ou encore d'une connaissance approximative (le prix d'un bon ordinateur familial est environ entre 800 et 1100 euros),
- d'un contenu informationnel représenté par des connaissances approximatives et vagues en termes de langage naturel.

Cependant, l'imprécision est une notion qui dépend du contexte, ceci se traduit par le fait qu'une information qui est précise dans un contexte, peut ne plus l'être dans un autre contexte. Cela dépend de la granularité de description du référentiel des situations considérées [Dubois & Prade (1994)].

L'incomplétude de l'information est aussi considérée comme un aspect de l'imprécision. Elle traduit l'indisponibilité et le manque d'information à un instant t s'exprimant via :

- un niveau de connaissance limité sur les alternatives qui peut aller jusqu'à l'ignorance totale en l'absence de toute évaluation sur une alternative,
- un processus d'acquisition de l'information dont on ne contrôle pas la dynamique.

1.5.2.2 Données inconsistantes

Enfin, à l'incomplétude et l'imprécision, Bosc *et al.* [Bosc *et al.* (1993)] proposent d'ajouter l'inconsistance qui survient, en présence de redondance, lorsque plusieurs informations sont en conflit. Elle traduit le fait que les informations sont contradictoires et peuvent ainsi induire une incohérence dans la conclusion. Elle s'explique par le fait que :

- les informations proviennent d'une multitude d'acteurs (de façon plus générale une multitude de sources) pouvant entraîner une divergence des points de vue,
- des informations récentes et d'autres moins récentes coexistent dans la même base de connaissance.

1.5.2.3 Conclusion

Dans le cadre d'une évaluation multicritère où la stratégie d'agrégation est imposée par celui pour lequel s'opère l'aide à la décision (pas d'incertitude de modèle) et où la fiabilité des opinions émises par le collectif d'évaluateurs n'est pas remise en cause (incertitude liée à l'authenticité de l'information), les incertitudes que nous retiendrons sont liées :

- à la diversité d'expression d'opinions des évaluateurs. Une dispersion uniforme des évaluations conduit à une situation indécidable par ignorance. Une répartition des avis selon au moins deux partis va refléter une situation de controverse tout aussi indécidable (incertitude de type inconsistance),
- au nombre d'avis disponibles à l'instant t qui n'est pas nécessairement élevé (incertitude de type incomplétude),
- à l'imprécision des estimations attribuées par les acteurs de l'évaluation (incertitude de type imprécision).

1.5.3 Intérêt des distributions pour modéliser l'imperfection des évaluations

Dans notre contexte d'évaluation multicritère et multi-acteurs, il s'agit donc de proposer une formalisation qui prenne explicitement en compte ces trois aspects de l'incertitude.

Il faut donc considérer une représentation appropriée qui permette de restituer la variabilité d'évaluations imprécises dont on ne contrôle pas, qui plus est, le nombre. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi d'avoir recours à une représentation sous la forme de distributions, éventuellement multimodales, des évaluations. Plusieurs théories mathématiques utilisent le concept de distribution. Nous proposons quelques éléments de réflexion sur trois d'entre elles avant de justifier notre choix. Il s'agit de la théorie des probabilités, la théorie de l'évidence ou encore la théorie des possibilités.

La théorie des probabilités a été historiquement la première théorie de l'incertain. Elle est basée sur l'affectation d'un poids de probabilité à chaque élément du référentiel (univers des possibles) considéré, ainsi que sur la propriété d'additivité pour des éléments disjoints. Les distributions de probabilité permettent ainsi de représenter une information précise mais contradictoire dans le sens où l'on considère des résultats précis mais différents à chaque observation. L'identification d'une distribution de probabilité à partir d'observations requiert des tests spécifiques qui ne sont fiables que lorsque les observations sont suffisamment nombreuses (> 20). La propagation de ces distributions par des opérations arithmétiques est basée sur un théorème de convolution dont la mise en oeuvre calculatoire est lourde [Lasserre (1999)]. L'invariance de forme dans la propagation est très réduite. Dans les lois usuelles, seule la loi gaussienne se conserve par addition et soustraction.

Dans certaines situations, les observations ne sont pas précises, on ne connaît que les limites du domaine de variation d'une grandeur, sans en connaître la valeur. Ce cas est traité généralement par le calcul d'erreur qui consiste à représenter les observations fournies par des capteurs ou par des experts par des intervalles. Si cette approche est simple à mettre en oeuvre, elle a l'inconvénient d'être tout ou rien (on ne peut pas distinguer les valeurs appartenant à l'intervalle d'erreur) et d'augmenter l'imprécision dans la propagation par des opérations arithmétique. Notons aussi, que le calcul d'intervalles n'est pas un cas particulier des probabilités. Une fonction de plusieurs distributions uniformes (l'équivalent probabiliste de l'intervalle d'erreur) n'a pas en général une distribution uniforme.

La théorie des possibilités introduite par [Zadeh (1978)] et développée ensuite par [Dubois & Prade (1988a)] propose elle une généralisation qui est nuancée. La distribution de possibilité est définie par une fonction prenant ses valeurs entre 0 et 1 (et est donc un sous ensemble flou), qui renseigne sur la possibilité d'occurrence. Ce degré de possibilité ne satisfait pas un axiome d'additivité mais un axiome de maxitivité (cf. chapitre II). Par ailleurs, la vision horizontale de la distribution de possibilité par ses coupes de niveau α conduit à des intervalles emboîtés contenant la grandeur observée avec une confiance $1 - \alpha$. La propagation des distributions de possibilité est régie par le principe d'extension de Zadeh, dont la mise en oeuvre est plus simple que pour les probabilités. L'invariance de forme est plus large par addition et soustraction (triangle, exponentielle, gaussienne normalisée).

Néanmoins, quand on recueille un ensemble d'observations imprécises (sous forme d'intervalle), les intervalles sont rarement emboîtés, même si le recouvrement est fort. Ce cas général peut être traité par la théorie de l'évidence (ou des fonctions de croyance) [Dempster (1967)] [Shafer (1976)] qui alloue un poids de probabilité à chaque observation imprécise. Néanmoins, la propagation de ces distributions de masse portant sur des intervalles, qui généralement s'intersectent, devient très lourde quand ceux-ci sont nombreux. Le paramétrage de telles distributions n'est pas possible, sauf pour le cas d'intervalles emboîtés qui revient à la théorie des possibilités et d'intervalles réduits à un point, ce qui revient à la théorie des probabilités.

Ces trois théories sont étroitement liées et ne sont nullement contradictoires. Elles sont adaptées à des situations d'incertitude différentes et c'est donc le cadre applicatif considéré qui est le vrai déterminant dans le choix de l'une ou l'autre des théories [Baudrit (2005)] [Masson (2005)].

Dans notre contexte d'aide à la décision à partir d'évaluations de cyber-consommateurs, la théorie des possibilités nous semble le meilleur compromis pour traiter les différentes situations rencontrées au niveau des évaluations et de leur propagation. En effet, suivant les critères, les évaluations peuvent être précises mais parfois peu nombreuses (par exemple pour un critère tel que le "service après vente", tous les clients n'ont pas eu à tester ce service, uniquement ceux ayant eu des soucis avec les produits achetés sont susceptibles de donner un score) ou imprécises, notamment pour des critères qualitatifs du type "convivialité du site", ce qui rend le modèle probabiliste peu pertinent. Toutefois, dans le cas d'imprécision, souvent les intervalles d'évaluations se recoupent assez fortement, ce qui permet de construire une distribution de possibilité approchée dans de bonnes conditions (cf. annexe A). De plus, malgré l'intérêt que présente la théorie de l'évidence dans de telles situations, l'agrégation de distributions de masse par des opérateurs telle que l'intégrale de Choquet est lourde car non paramétrable, alors que les distributions linéaires de possibilité conservent leur forme par cet opérateur d'agrégation.

Les concepts mathématiques de la théorie des possibilités, qui nous sont utiles pour nos propositions d'indicateurs d'aide à la décision, sont présentés au début du chapitre II. La méthode de construction utilisée pour la construction des distributions de possibilités à partir des évaluations est présentée dans l'annexe A, le cœur de nos propositions ne portant pas sur ce point, mais sur l'utilisation des distributions de possibilités et leurs descriptions pour l'aide à la décision multicritère.

1.6 Modèle retenu pour le processus d'aide à la décision multi-acteurs et multicritère

Sur la base des modèles formels du processus de la décision des sections 1.2.1 et 1.2.2 et des représentations mathématiques du multicritère et de la théorie des possibilités, nous allons maintenant donner notre modèle d'aide à la décision dans un contexte multicritère et multi-acteurs qui s'inspire par ailleurs des grandes classes de problématiques dont relève le traitement de l'information identifiées dans [Dubois & Prade (2001)].

Notre modèle du processus d'aide à la décision se compose, d'un point de vue global, de trois phases : une phase de collecte et de mise en forme des informations, une phase d'exploitation des informations recueillies et, finalement, une phase de communication et de diffusion des données sous une forme intelligible. La vision en boîte noire du modèle est donnée à la figure 1.9.

Nous allons maintenant détailler chacune de ces trois grandes phases. La vision éclatée de notre modèle de processus d'aide à la décision est représentée sur la figure 1.10.

Étape de collecte et de mise en forme des informations : L'information utile arrive peu souvent sous la forme espérée par les décideurs qui leur permettrait de s'en servir aussitôt pour la prise de décision. Qu'il s'agisse de critiques ou d'avis, d'évaluations d'experts, de retours d'expériences etc, les données brutes sont généralement difficilement exploitables.

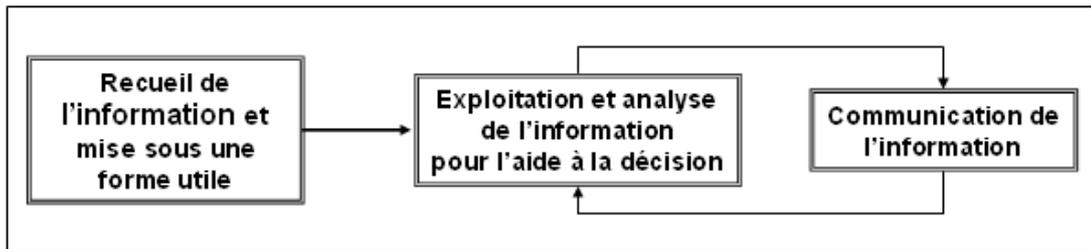


FIG. 1.9 – Modèle boîte noire du processus d'aide à la décision

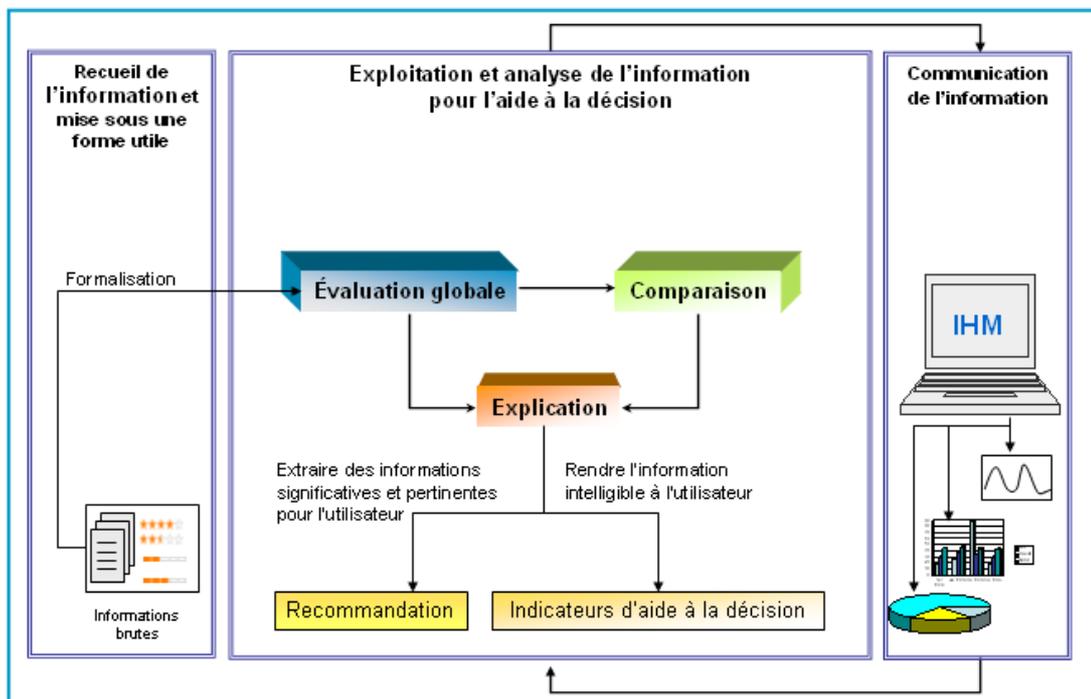


FIG. 1.10 – Modèle éclaté du processus d'aide à la décision

Par ailleurs, ce n'est pas l'information brute qui sert à décider, mais plutôt le sens qu'a cette information dans le contexte d'action. Une information ne dit rien de ce qu'il faut faire, seule son interprétation dans la situation décisionnelle l'indique ; son interprétation, autrement dit le sens qu'elle prend pour une personne dans son projet.

De surcroît, ces données brutes provenant de sources multiples, peuvent être incomplètes, incohérentes voire contradictoires. L'acquisition des données brutes inexploitable, l'élaboration de l'information et son utilisation pour prendre des décisions nécessitent la mise en place d'une méthodologie.

Dans le contexte de nos travaux, les données brutes sont des évaluations d'alternatives selon un ensemble de critères déterminés au préalable. Aucune information n'est disponible a priori quant à la qualité des estimations (précision, fiabilité, etc.). Le nombre

des évaluations d'une alternative à l'autre, d'une dimension de l'évaluation à l'autre est aléatoire. Le traitement de l'information pour la mise en forme des données brutes, auquel nous avons recours, n'a donc rien à voir avec les classiques tâches d'indexation, de cartographie, de mise en place de bases de données relationnelles ou de datawarehouses, etc. comme mentionnées dans [Dubois & Prade (2001)].

Il s'agit pour nous de représenter la variété de jugements de valeurs imprécis relativement à un espace d'évaluation multicritère. Pour cela, nous proposons de construire les distributions de possibilités associées à la répartition de ces évaluations et ce pour chaque critère considéré.

Étape d'exploitation des informations recueillies : Une fois les informations disponibles mises en forme, il s'agit maintenant de les exploiter et de les analyser pour le processus d'aide à la décision. Cette phase s'articule autour de trois composantes essentielles :

- ***l'évaluation globale*** : Dans notre problématique, les alternatives en concurrence sont évaluées selon un ensemble de critères. Chaque évaluation partielle d'alternative est représentée par une distribution de possibilités. L'évaluation globale d'une alternative repose sur une procédure d'agrégation multicritère par intégrale de Choquet : l'évaluation globale d'une alternative sera le résultat de l'agrégation des distributions de possibilités partielles qui consistera à propager, via l'intégrale de Choquet, l'incertitude (due à la diversité des opinions et à l'imprécision de celles-ci) que l'on a sur chaque critère de l'évaluation sur la distribution de sortie représentant l'évaluation globale.
- ***l'explication*** : L'évaluation globale repose sur un état des connaissances que le support d'aide à la décision doit pouvoir faire valoir à tout instant pour soutenir la rhétorique décisionnelle du collectif et alimenter le débat. La légitimation des choix est une dimension essentielle de la décision collective. Il s'agit donc de formaliser le processus de justification des choix retenus dans notre cadre possibiliste multicritère. Cette fonctionnalité d'explication souligne l'idée qu'un système d'aide à la décision doit avant tout permettre d'éclairer le décideur au cours des phases du processus décisionnel, et rend ainsi notre système conforme à la définition que propose B.Roy :
“ *l'aide à la décision ne relève que de façon très partielle de la recherche de vérité ; les théories, les méthodologies, les concepts, les modèles, les techniques sur lesquels elle s'appuie doivent avoir une ambition différente : raisonner le changement que prépare un processus de décision de façon à accroître la cohérence des objectifs avec le système de valeurs du décideur*” [Roy (1985)].
- ***la comparaison*** : L'évaluation globale de chaque alternative est utilisée pour comparer et classer les alternatives. Néanmoins, dans une représentation par distributions des évaluations, la comparaison n'est pas une analyse globale : les raisons pour lesquelles on préfère une solution à une autre ne peuvent pas être explicitées de façon globale

parce que l'on peut être confronté à des cas où les distributions comparées ne sont pas globalement ordonnées (Figure 1.8).

Étape de communication et de diffusion des données : Il s'agit dans cette étape de proposer à l'analyste et/ou au décideur des outils pour les aider à faire un choix stratégique ou à le justifier. Cela consiste à restituer une information compatible avec les modes de représentation et de raisonnement des acteurs de la décision. Il s'agit notamment :

- de concevoir une véritable interface homme-machine (IHM) pour le support interactif d'aide à la décision (SIAD), de manière à présenter aux différents acteurs une information pertinente par rapport à la situation et qui soit adaptée à leurs modes de raisonnement et leurs systèmes de valeurs. Les connaissances utiles à la décision doivent être facilement accessibles, être restituées de manière synthétique et cohérente avec les modes cognitifs des acteurs : le SIAD doit favoriser une lecture aussi claire que possible d'une situation incertaine et souvent ambiguë. Par ailleurs, le processus d'aide à la décision est un processus dynamique qui exige donc une IHM spécifique de monitoring des indicateurs décisionnels dans le temps.
- de permettre au décideur d'évaluer rapidement une situation et de l'aider à diagnostiquer les risques encourus, c'est-à-dire de fournir une aide au diagnostic. Les résultats de la procédure d'explication joueront donc un rôle essentiel dans cette phase de compréhension. Si raisonner sur les distributions permet de préserver la totalité des informations utilisées lors du processus d'évaluation et d'effectuer des analyses qualitatives, cette représentation ne permet pas de réaliser des analyses quantitatives, pourtant utiles pour le décideur. Une description des distributions par des indicateurs quantitatifs avec une sémantique plus immédiate et pertinente pour l'aide à la décision (indicateurs de valeur moyenne, de dispersion, etc.) sera proposée. On pourra alors s'intéresser à la propagation de ces indicateurs par l'intégrale de Choquet et restituer cette information via l'IHM du SIAD.

1.7 Conclusion du chapitre

Nous avons passé en revue certains modèles de processus de décision et d'aide à la décision. Nous avons pu mettre en évidence l'importance des phases d'explication et de recommandation dans de tels processus.

L'analyse de deux situations décisionnelles multicritères et multi-acteurs a montré que l'agrégation par intégrale de Choquet avait pleinement donné satisfaction pour modéliser la stratégie de décision des organisations concernées. Par contre, il est clairement apparu que l'utilisation de l'agrégation multicritère pour fusionner les avis des différents acteurs de l'évaluation collective masquait l'ensemble des incertitudes inhérentes à l'imperfection des données d'entrée du processus de décision. Pour pallier cette déficience, nous avons décidé d'associer une

représentation possibiliste des évaluations aux techniques d'agrégation multicritère par intégrale de Choquet.

Ainsi, conformément au modèle de [Dubois & Prade (2001)], notre système d'aide à la décision s'articule autour des grandes phases de traitement de l'information :

- Recueil de l'information et mise en forme des données brutes : il s'agit dans cette étape de représenter les distributions de possibilités construites à partir de l'ensemble des évaluations disponibles et ce pour chacun des critères.
- Exploitation et analyse de l'information :
 - l'évaluation globale consiste à agréger les distributions partielles relatives à chaque critère par l'intégrale de Choquet, autrement dit à propager l'incertitude liée à l'imperfection des entrées sur la décision finale,
 - l'explication doit permettre la compréhension du score agrégé d'une alternative ou son rang en fonction de ses évaluations partielles et de celles de ses concurrentes. Elle est la base de la recommandation.
- la communication de l'information : il s'agit de restituer les résultats de l'analyse multicritère en environnement incertain sous une forme intelligible pour le décideur. Il s'agit notamment de construire des indicateurs d'aide à la décision à partir des distributions de possibilités, mais aussi de spécifier une IHM compatible avec les modes de raisonnement du décideur.

Le chapitre suivant est consacré aux modèles mathématiques supportant cette représentation formelle d'une aide à la décision dans un contexte multicritère et multi-acteurs.

Pour résumer, l'approche retenue dans nos travaux repose sur trois formalismes (Figure 1.11) : l'aide à la décision multicritère et multi-acteurs, l'agrégation multicritère par l'intégrale de Choquet et la théorie des possibilités.

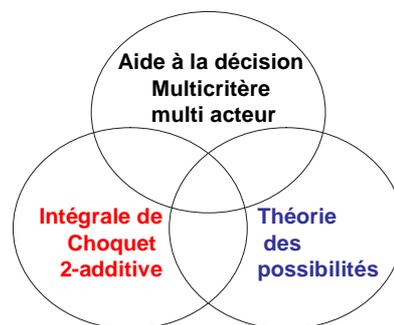


FIG. 1.11 – Les différents formalismes

Chapitre 2

Traitements possibilistes d'évaluations multicritère et multi-acteurs : Description - Agrégation - Explication

On mesure l'intelligence d'un individu à la quantité d'incertitudes qu'il est capable de supporter.

Emmanuel Kant - Philosophe allemand (1724-1804)

La connaissance progresse en intégrant en elle l'incertitude, non en l'exorcisant.

**Edgar Morin
Extrait de La méthode**

2.1 Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons présenté un certain nombre de modèles de processus décisionnel, nous avons également étudié certaines problématiques relatives à l'évaluation multicritère et multi-acteurs et en particulier les différents aspects d'imperfection des évaluations partielles attribuées par les différents acteurs du processus. Ces études nous ont permis de mettre en place notre modèle du processus d'aide à la décision (Figure 2.1). L'objectif de ce chapitre est de présenter les méthodes mathématiques supportant cette représentation formelle d'une aide à la décision dans un contexte multicritère et multi-acteurs. Rappelons que le formalisme mathématique retenu au chapitre I pour modéliser l'imperfection des informations est la théorie des possibilités.

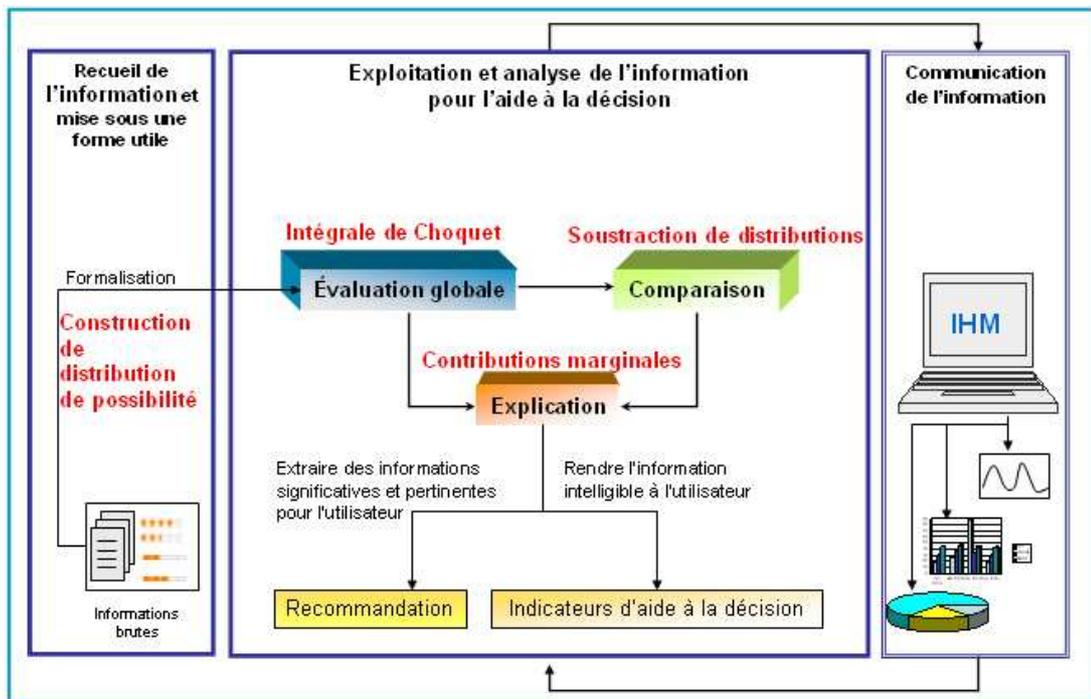


FIG. 2.1 – Évaluation-explication-comparaison

Dans ce second chapitre nous nous intéressons en particulier à apporter des solutions au vu des problématiques dégagées auparavant pour les première et deuxième phases du modèle, c'est-à-dire la phase de "recueil de l'information et sa mise sous forme utile" et la phase d' "Exploitation et analyse de l'information pour l'aide à la décision" (Figure 2.1). Dans la première phase, nous proposons de décrire les distributions de possibilités représentant l'ensemble des évaluations partielles attribuées pour chaque critère par les acteurs du processus par un ensemble d'indicateurs tels que la position, l'imprécision moyenne, la divergence... Dans la deuxième phase, il s'agit de propager les distributions relatives aux critères via l'intégrale de Choquet, de comparer les alternatives par le biais de la différence entre distributions de possibilité, et d'établir les relations entre les indicateurs élémentaires et agrégés dans le but de fournir des explications et des

recommandations pour l'aide à la décision.

Ce chapitre est organisé comme suit : la première section présente un rappel sur la théorie des possibilités. Cette section intègre également une présentation d'indicateurs de description de ces distributions. La deuxième section est consacrée à la définition de l'intégrale de Choquet comme opérateur d'agrégation multicritère et ses propriétés, ainsi qu'une présentation des mécanismes de propagation des distributions et de leurs indicateurs à travers cet opérateur. Finalement, dans les dernières sections des fonctionnalités d'explication et de recommandation sont proposées afin de justifier certains choix ou encore de proposer des moyens d'actions pour améliorer une évaluation globale.

2.2 Mise en forme des informations brutes : représentation par distributions de possibilité

2.2.1 Position du problème

Considérons un ensemble de l alternatives (Al) possibles pour un problème d'aide à la décision donné. Chaque alternative Al^q est évaluée selon n critères. Considérons également un ensemble de r évaluateurs (Evl). Soit $x_i^{\alpha,q}$ le degré de satisfaction ou score partiel attribué par l'évaluateur Evl^α selon le critère i pour Al^q .

Comme nous l'avons déjà introduit nous utilisons la théorie des possibilités pour prendre en compte les différents aspects d'imperfection de l'information inhérents aux scores attribués par les évaluateurs d'une solution Al^q donnée.

Il s'agit donc de construire à partir des $x_i^{\alpha,q}$ les distributions de possibilité π_i^q relatives aux différents critères d'évaluation de chaque alternative Al^q et de les agréger (propager) en utilisant l'intégrale de Choquet pour avoir une distribution π_{ag}^q représentant la satisfaction globale des évaluateurs comme représenté ci-dessous.

$$\begin{array}{ccccccc}
 Evl^\alpha \setminus c_i & c_1 & \dots & c_i & \dots & c_n & \\
 Evl^1 & \left[\begin{array}{cccc} x_1^{1,q} & \dots & x_i^{1,q} & \dots & x_n^{1,q} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Evl^\alpha & x_1^{\alpha,q} & \dots & x_i^{\alpha,q} & \dots & x_n^{\alpha,q} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Evl^r & x_1^{r,q} & \dots & x_i^{r,q} & \dots & x_n^{r,q} \end{array} \right] & & & \\
 & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & \\
 & \pi_1^q & \dots & \pi_i^q & \dots & \pi_n^q & \xrightarrow{C_\mu} \pi_{ag}^q
 \end{array}$$

Les distributions de possibilité relatives à l'ensemble des scores partiels des critères (π_i^q) ainsi que la distribution du score global (π_{ag}^q) d'une solution Al^q sont de grande utilité pour l'analyste (section 1.2.2). Il a ainsi une vision des degrés de satisfaction attribués par les différents évaluateurs, qu'ils soient tous d'accord (consensus), légèrement dispersés ou encore en désaccord (divergence).

2.2.2 Généralités sur la théorie des possibilités

Dans cette section nous présentons les principes clés de la théorie des possibilités que nous utilisons dans notre modèle d'aide à la décision.

La théorie des possibilités a été introduite en 1978, par Zadeh pour donner une sémantique d'incertitude à la notion de sous ensemble flou qu'il avait proposée dès les années 60 [Zadeh (1965)] [Zadeh (1978)]. Elle propose un cadre alternatif à la théorie des probabilités pour représenter et manipuler l'incertitude relative à l'imperfection de l'information [Dubois & Prade (1988b)]. Dans ce cadre, l'incertitude d'un événement est représentée à la fois par le degré de possibilité de cet événement et par le degré de possibilité de l'événement contraire, ces degrés étant "faiblement" liés.

2.2.2.1 Les mesures de possibilité et de nécessité

Soient Ω un référentiel et A et B deux sous-ensembles de Ω . Une mesure de possibilité Π est une fonction de $P(\Omega)$ dans $[0,1]$ telle que : $\Pi(\emptyset) = 0$ et

$$\Pi(A \cup B) = \max(\Pi(A), \Pi(B)) \quad (2.1)$$

De plus, si $\Pi(\Omega) = 1$, la mesure de possibilité est dite normale. Le nombre $\Pi(A)$ quantifie dans quelle mesure l'événement $A \subseteq \Omega$ est possible. Notons que les mesures de possibilité satisfont la relation :

$$\max(\Pi(A), \Pi(\bar{A})) = 1$$

où \bar{A} dénote le complément de A . Cette équation traduit le fait que, de deux événements contraires, l'un au moins est possible, la possibilité de l'un n'impliquant pas l'impossibilité de l'autre.

Une mesure de possibilité Π peut être caractérisée par une distribution de possibilité π , c'est-à-dire une fonction $\pi : \Omega \rightarrow [0, 1]$ telle que :

$$\Pi(A) = \sup_{\omega \in A} \pi(\omega) \quad \forall A \subseteq \Omega \quad (2.2)$$

Elle est dite normalisée si $\exists \omega \in \Omega, \pi(\omega) = 1$.

A la distribution de possibilité est associée une mesure duale dite de nécessité :

$$\forall A, B \in \Omega, \quad N(A \cap B) = \min(N(A), N(B)) \quad (2.3)$$

$$N(A) = \inf_{\omega \in A} (1 - \pi(\omega)) \quad \forall A \subseteq \Omega$$

qui est liée à la mesure de possibilité par la relation suivante :

$$\Pi(A) = 1 - N(\bar{A})$$

Les mesures de nécessité satisfont la relation suivante :

$$\min(N(A), N(\bar{A})) = 0$$

On vérifie que :

$$\forall A \subseteq \Omega, \Pi(A) \geq N(A)$$

De plus, on a :

$$N(A) > 0 \Rightarrow \Pi(A) = 1$$

$$\Pi(A) < 1 \Rightarrow N(A) = 0$$

2.2.2.2 Possibilité, probabilité et croyance

En fait, la théorie des possibilités, ainsi que la théorie des probabilités sont des cas particuliers de la théorie des fonctions de croyance [Shafer (1976)]. Cette dernière est basée sur une distribution de masse $m : P(\Omega) \rightarrow [0, 1]$ telle que $\sum_{E \in P(\Omega)} m(E) = 1$ qui porte sur les sous ensembles de Ω et pas uniquement sur ses éléments. On a ainsi une allocation globale de probabilité sur des événements définis par plusieurs éléments de Ω .

Les ensembles d'éléments E_1, E_2, \dots, E_p de $P(\Omega)$ pour lesquels $m(E_i) > 0$ sont appelés "éléments focaux" et peuvent représenter des observations imprécises. Dans un tel cas, la probabilité d'un événement A sera imprécise ce qui signifie qu'elle est comprise entre $P_*(A)$ et $P^*(A)$ où $P_*(A)$ et $P^*(A)$ sont respectivement les probabilités inférieures (appelées aussi crédibilités) et supérieures (appelées aussi plausibilités) de A définies par :

$$P_*(A) = \sum_{E_i \subseteq A} m(E_i) = \sum_i m(E_i) \cdot N_{E_i}(A) \quad (2.4)$$

$$P^*(A) = \sum_{E_i \cap A \neq \emptyset} m(E_i) = \sum_i m(E_i) \cdot \Pi_{E_i}(A) \quad (2.5)$$

$P_*(A)$ est obtenue en considérant tous les éléments focaux (E_i) qui rendent nécessaire l'occurrence de A , $P^*(A)$ est définie en considérant tous les éléments focaux (E_i) qui rendent possible l'occurrence de A .

Les fonctions $P^*(A)$ et $P_*(A)$ ne satisfont respectivement les équations 2.2 et 2.3, c'est-à-dire $P^*(A)$ (resp. $P_*(A)$) est une mesure de possibilité (resp. nécessité) que si et seulement si les éléments focaux forment une suite d'ensemble emboîtés [Shafer (1976)]. En particulier, si $E_1 \subset E_2 \subset \dots \subset E_p$ alors la distribution de possibilité associée à $P^*(A)$ et $P_*(A)$ s'écrit [Dubois & Prade (1982)] :

$$\begin{aligned} \forall \omega, \pi(\omega) = P^*(\{\omega\}) &= \sum_{j=i}^p m(E_j) \quad \text{si } \omega \in E_i, \omega \notin E_{i-1} \\ &= 0 \quad \text{si } \omega \in \Omega - E_p \end{aligned}$$

Remarquons que si les éléments focaux représentent des événements élémentaires (dans ce cas les E_i sont disjoints) alors on retrouve la mesure de probabilité, $\forall A, P_*(A) = P^*(A) = P(A)$ qui vérifie $\forall A, B \quad A \cap B = \emptyset, P(A \cup B) = P(A) + P(B)$.

Notons aussi qu'une distribution de possibilité π définit une famille de probabilité $\wp(\pi)$ telle que [Dubois & Prade (1986b)] :

$$\wp(\pi) = \{P/\forall A \quad N(A) \leq P(A)\} = \{P/\forall A \quad P(A) \leq \Pi(A)\}$$

Elle permet ainsi de représenter de la connaissance probabiliste incomplète et d'obtenir des encadrements de probabilités. On peut dès lors définir une fonction de répartition (probabilité cumulée) supérieure F^* et inférieure F_* telle que $\forall x, \quad F_*(x) \leq F(x) \leq F^*(x)$ (Figure 2.2) avec

$$\forall x \in \mathbb{R} \quad F^*(x) = \Pi(] - \infty, x]) \quad \text{et} \quad F_*(x) = N(] - \infty, x])$$

L'écart entre $F_*(x)$ et $F^*(x)$ reflète le caractère imprécis de l'information. Sont définies ainsi respectivement la valeur moyenne inférieure $E_*(\pi) = \int_{-\infty}^{+\infty} x dF_*(x)$ et supérieure

$E^*(\pi) = \int_{-\infty}^{+\infty} x dF^*(x)$ qui sont prises par les distributions de probabilité appartenant à $\wp(\pi)$.

L'intervalle $[E_*(\pi), E^*(\pi)]$ est appelé intervalle moyen de π .

Une propriété importante que nous utiliserons ultérieurement est l'invariance des valeurs $E_*(\pi)$ et $E^*(\pi)$ par les opérations linéaires sur π [Dubois & Prade (1987)].

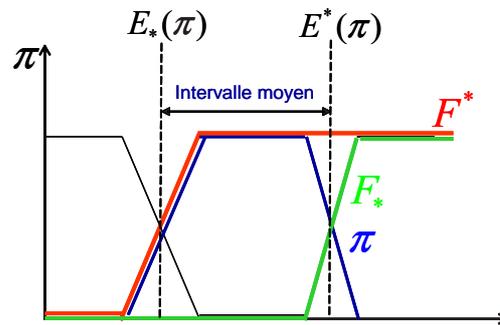


FIG. 2.2 – Exemple de F_* , F^* , E_* et E^*

2.2.2.3 Représentation des distributions de possibilité

Une distribution de possibilité peut être aussi définie par l'ensemble de ses α -coupes π_α définies par $\forall \alpha \in]0, 1]$:

$$\pi_\alpha = \{\omega \in \Omega \mid \pi_\alpha(\omega) \geq \alpha\}$$

On a $0 < \alpha \leq \beta \leq 1 \Rightarrow \pi_\alpha \supseteq \pi_\beta$.

Ceci permet d'écrire π_α comme :

$$\forall \omega, \pi_\alpha(\omega) = \sup\{\alpha/\omega \in \pi_\alpha\}$$

La coupe au niveau $\alpha = 1$ de π , est dite noyau.

$$\pi_1 = \{\omega \in \Omega / \pi(\omega) = 1\}$$

La coupe au niveau $\alpha = 0$ de π , est dite support.

$$S(\pi) = \{\omega \in \Omega / \pi(\omega) > 0\}$$

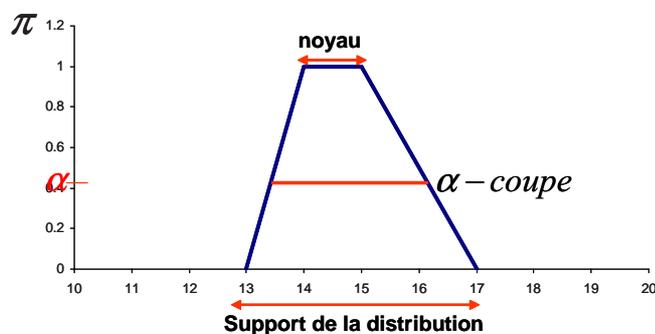
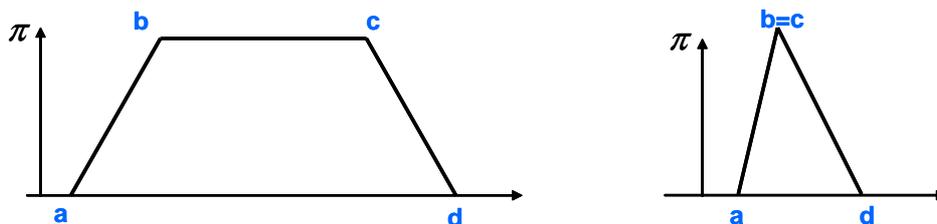


FIG. 2.3 – Exemple de distribution de possibilité linéaire par morceaux

Souvent, pour des raisons de simplicité, ainsi qu'une interprétation plus naturelle pour le décideur, une représentation linéaire par morceaux des distributions de possibilité est utilisée. Dans notre cas, nous considérons pour chaque critère c_i une distribution triangulaire ou trapézoïdale pour le cas monomodal et des unions de ces formes pour le cas multimodal (Figure 2.4).

Cas mono modal



Cas bimodal

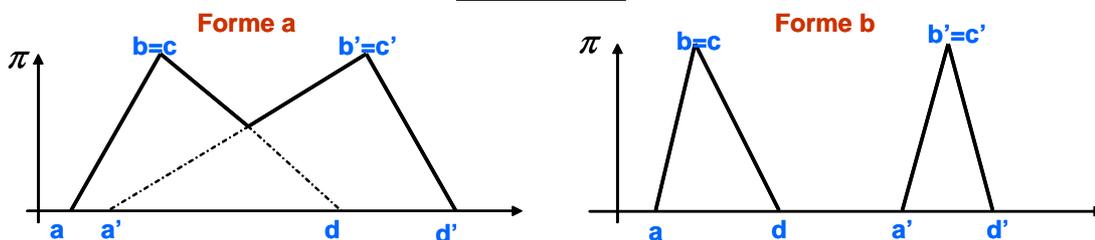


FIG. 2.4 – Formes considérées pour les distributions de possibilité des évaluations d'entrée

Les distributions seront ainsi représentées par des unions de quadruplets (a, b, c, d) avec $[b, c]$ le noyau et $[a, d]$ le support.

Dans le cas bimodal deux formes principales sont distinguées : forme a, les supports sont partiellement disjoints, forme b, les supports sont totalement disjoints.

La méthode retenue pour construire ces distributions linéaires par morceaux repose sur une approximation linéaire de la distribution de possibilité supérieure associée à la distribution de masse issues des données. Le détail de la procédure est exposée dans l'annexe A.

Il faut toutefois remarquer que cette forme simplifiée des distributions de possibilité n'altère pas la généralité de certains résultats qui sont présentés dans la suite, en particulier au niveau des indicateurs présentés ci-après.

2.2.3 Description des distributions par des indicateurs

2.2.3.1 Principe de l'approche

Par analogie avec la description de distributions de probabilité, où les distributions sont associées à leurs moments statistiques dont les plus communs sont la moyenne, la variance et le kurtosis, nous proposons de décrire les distributions de possibilité par un ensemble d'indicateurs relatifs à la position, l'imprécision moyenne et l'asymétrie. La multimodalité sera quantifiée par un indicateur de divergence.

Nos propositions pour la définition de ces indicateurs de description des distributions de possibilité sont basées sur les valeurs moyennes supérieure ($E^*(\pi)$) et inférieure ($E_*(\pi)$) associées à la distribution π (cf. section 2.2.2.2).

Outre la simplicité d'interprétation probabiliste, ces deux grandeurs présentent l'avantage d'être invariantes par opérations linéaires sur π . Comme nous utilisons par la suite des opérateurs d'agrégation linéaires par région, cette propriété permettra une propagation aisée et interprétable des indicateurs. Pour cette raison, les autres approches proposées dans la littérature pour décrire les distributions de possibilité [Fullér & Majlender (2003)] n'ont pas été considérées dans ce travail, bien que celles-ci puissent avoir un intérêt.

2.2.3.2 Indicateur de position

Description Cette valeur nous permet de réduire (défuzzifier) le degré de satisfaction donné sous la forme d'une distribution en une valeur représentative précise.

Mesure Indicateur de position $MD(\pi) : \pi \rightarrow [a, b]^m$ où $[a, b]$ est un intervalle réel dans lequel varie le degré de satisfaction ($[0, 20]$ dans notre application) et m le nombre de mode de π , $m \geq 1$. En effet à une distribution de possibilité est associé un ou m indicateurs de position selon qu'elle soit monomodale ou multimodale.

a. Cas monomodal

Définition. L'indicateur de position est défini comme le milieu de l'intervalle moyen d'une distribution π (Figure 2.5). Il est défini par :

$$MD(\pi) = (E_*(\pi) + E^*(\pi))/2$$

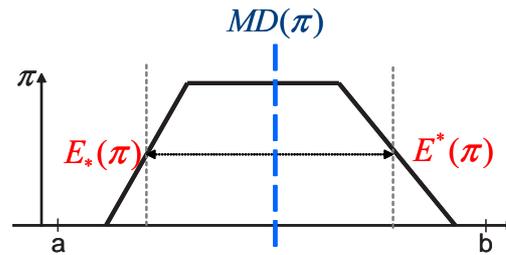


FIG. 2.5 – Indicateur de position

b. Cas multimodal

Pour définir notre indicateur de position dans le cas multimodal, on se base sur la décomposition suivante.

Soit π_M une distribution multi modale avec m le nombre de modes ($m \geq 2$). π_M peut toujours s'écrire sous la forme

$$\pi_M = \bigcup_{j=1..m} \pi^j$$

où π^j est la distribution de possibilité monomodale relative au mode j .

L'indicateur de position d'une distribution multimodale π_M , avec m le nombre de modes ($m \geq 2$) devient un vecteur d'indicateurs de position relatifs à chacun des j modes. Toutefois cette expression dépend de la forme de la multimodalité (modes partiellement disjoints (forme a) ou totalement disjoints (forme b) (Figure 2.6)). Dans le cas où π se présente sous la " forme a ", on a besoin de disjointer (D) les distributions relatives à chacun des modes j comme le montre la figure 2.6.

Selon la forme de la distribution multimodale, le vecteur d'indicateurs de position s'écrit comme suit (Figure 2.7) :

“ forme a ”

$$\overrightarrow{MD}(\pi_M) = \begin{pmatrix} MD(\pi^1)_D = \frac{(E^*(\pi^1)_D + E_*(\pi^1)_D)}{2} \\ \vdots \\ MD(\pi^m)_D = \frac{(E^*(\pi^m)_D + E_*(\pi^m)_D)}{2} \end{pmatrix}$$

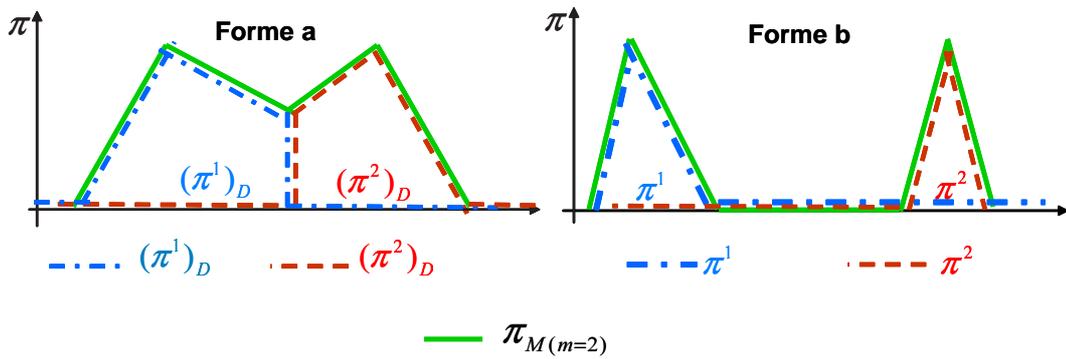


FIG. 2.6 – Disjonction des distributions multimodales

“ forme b ”

$$\overrightarrow{MD}(\pi_M) = \begin{pmatrix} MD(\pi^1) = \frac{(E^*(\pi^1) + E_*(\pi^1))}{2} \\ \vdots \\ MD(\pi^m) = \frac{(E^*(\pi^m) + E_*(\pi^m))}{2} \end{pmatrix}$$

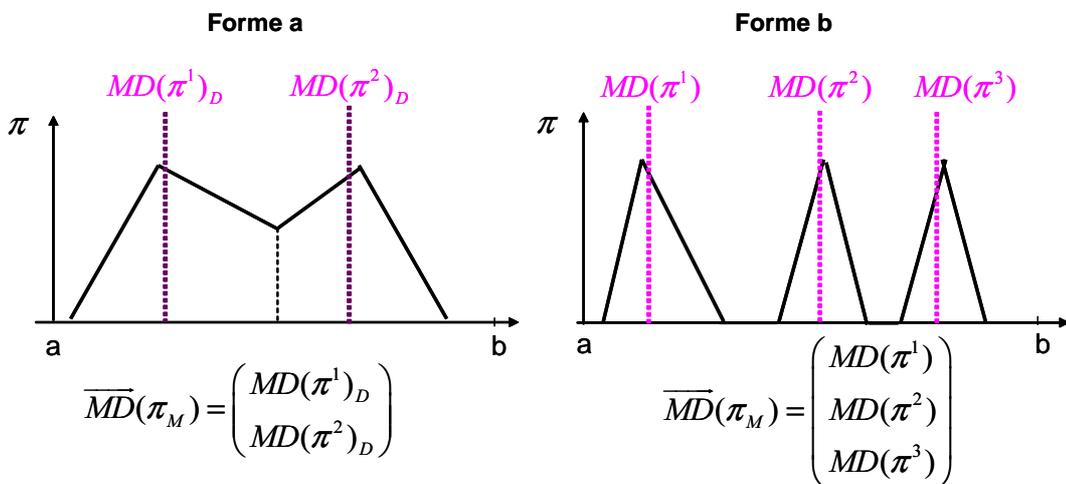


FIG. 2.7 – Indicateur de position dans le cas multimodal

2.2.3.3 Indicateur d'imprécision moyenne

Nous proposons d'associer à chaque distribution des évaluations partielles d'entrée un indicateur d'imprécision moyenne. Cet indicateur est typiquement une connaissance directement utile à la décision. En effet, supposons que nous avons un ensemble d'alternatives classées relativement à un opérateur d'agrégation. Les alternatives Al^q et $Al^{q'}$ classées respectivement première et deuxième ont obtenu des scores proches au sens de C_μ . Toutefois, la première (Al^q) présente une

imprécision plus importante que la deuxième (Al^q). Une attitude prudente pourrait consister à retenir la solution avec l'évaluation la plus précise si la différence entre les deux alternatives n'est pas suffisamment significative. Par conséquent, sur cet exemple, on constate que le seul indicateur de position ("moment d'ordre 1 de la distribution"), classiquement la valeur moyenne, n'est pas suffisant pour prendre une décision pertinente lorsqu'il y a de l'incertitude dans l'évaluation.

Description Elle quantifie l'imprécision des évaluations. Elle est nulle quand il y a un *consensus* dans les points de vue, quand elle est maximale on parle dans ce cas d'*ignorance totale*.

Mesure Indicateur d'imprécision moyenne $\Delta(\pi) : \pi \rightarrow [a, b]$ où $[a, b]$ est un intervalle réel dans lequel varie le degré de satisfaction.

a. Cas monomodal

Définition. L'indicateur d'imprécision moyenne est la différence entre la valeur supérieure ($E^*(\pi)$) et inférieure ($E_*(\pi)$), c'est-à-dire la largeur de l'intervalle moyen de la distribution de possibilité π (Figure 2.8) :

$$\Delta(\pi) = E^*(\pi) - E_*(\pi) \quad (2.6)$$

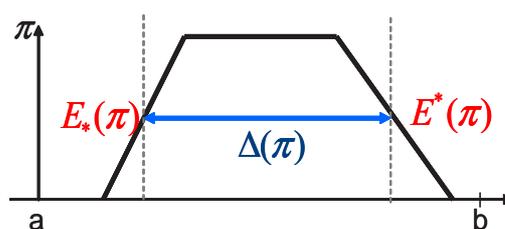


FIG. 2.8 – Indicateur d'imprécision moyenne

L'équation 2.6 permet de vérifier les deux cas extrêmes de l'imprécision moyenne, i.e., le consensus (dans ce cas $E^*(\pi) = E_*(\pi)$, figure 2.9A) et l'ignorance totale. En effet, supposons que π soit définie sur $[a, b]$ et que $\forall x \in [a, b], \pi(x) = 1$ et $E^*(\pi) = b$ et $E_*(\pi) = a$. Dans ce cas l'imprécision moyenne vaut $\Delta = b - a$ (Figure 2.9B).

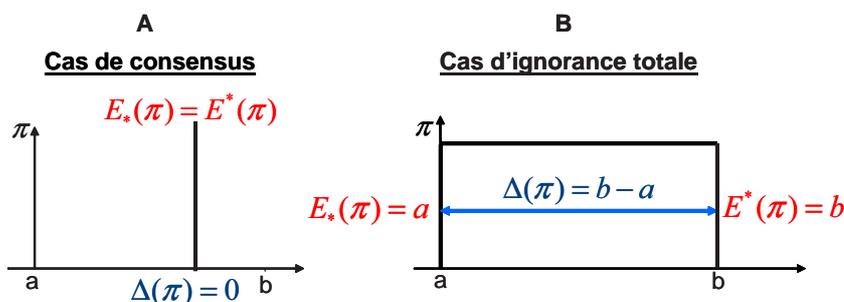


FIG. 2.9 – Les cas extrêmes de l'imprécision moyenne

b. Cas multimodal

Pour définir notre indicateur d'imprécision moyenne dans le cas multimodal on se base sur la décomposition précédente $\pi_M = \bigcup_{j=1..m} \pi^j$.

Nous proposons de définir l'indicateur d'imprécision moyenne de π_M dans le cas de la multimodalité comme suit. Cette définition dépend du type de la multi modalité (Figure 2.6).

“ forme a ”

$$\Delta(\pi_M) = \sum_{j=1}^m \Delta(\pi^j)_D \quad (2.7)$$

“ forme b ”

$$\Delta(\pi_M) = \sum_{j=1}^m \Delta(\pi^j) \quad (2.8)$$

où π^j représente la distribution partielle monomodale de π_M relative au mode j .

Remarquons qu'il n'était pas possible de considérer dans ce cas la définition initiale de l'imprécision moyenne ($\Delta(\pi) = E^*(\pi) - E_*(\pi)$) car celle ci ne permettait pas de prendre en compte le creux qui existe entre les modes (Figure 2.6).

2.2.3.4 Indicateur de divergence

Description. La multimodalité des distributions reflète une divergence d'opinions plus ou moins importante. La divergence quantifie le degré de discordance entre les évaluations d'un groupe (Figure 2.10).

Mesure. Indicateur de divergence $Div(\pi_M) : \pi \rightarrow [a, b]$ où $[a, b]$ est un intervalle réel dans lequel varie le degré de satisfaction.

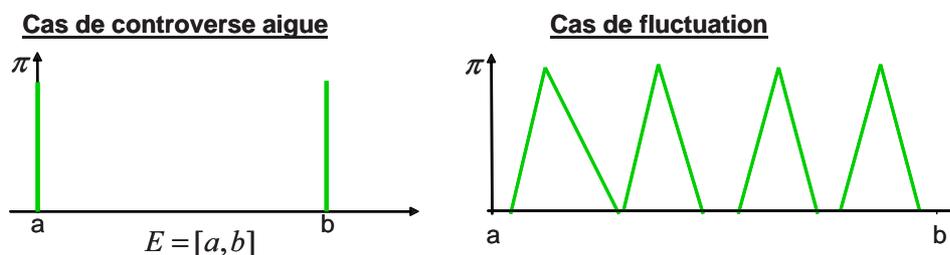


FIG. 2.10 – Deux exemples différents de divergence

Pour définir la divergence, considérons π_{env} la distribution enveloppe d'une distribution multimodale π_M avec m le nombre de modes ($m \geq 2$) (Figure 2.11).

Soit $\Delta(\pi_{env})$ l'imprécision moyenne de la distribution π_{env} .

$$\Delta(\pi_{env}) = E^*(\pi_{env}) - E_*(\pi_{env}) = E^*(\pi^m) - E_*(\pi^1) \quad (2.9)$$

avec π^m et π^1 les distributions monomodales de possibilité associées respectivement au mode m et au mode 1.

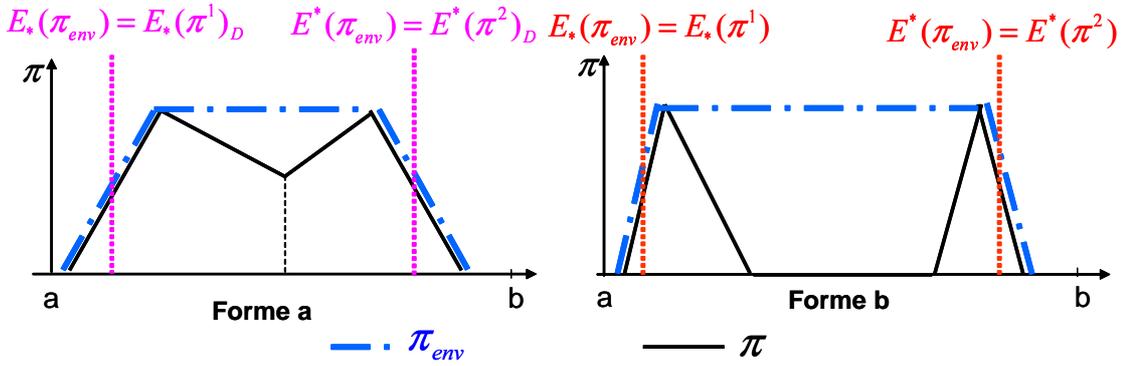


FIG. 2.11 – Exemple de distribution enveloppe, cas où $m = 2$

Définition. L'indicateur de divergence Div d'une distribution multimodale est défini comme la différence entre l'imprécision moyenne de la distribution enveloppe et celle de la distribution multimodale.

$$Div(\pi_M) = \Delta(\pi_{env}) - \Delta(\pi_M) \quad (2.10)$$

où $\Delta(\pi_M)$ est défini selon l'équation 2.7 ou 2.8.

Nous avons : $\forall \pi, \Delta(\pi_{env}) \geq \Delta(\pi_M)$, ceci implique que la divergence a toujours une valeur positive, $Div(\pi_M) \geq 0$.

Considérons l'exemple de la distribution bimodale π_M donnée sur la figure 2.12.

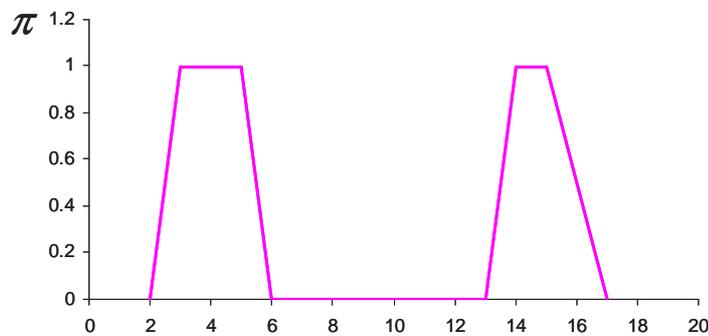


FIG. 2.12 – Exemple de distribution bimodale

Les valeurs des indicateurs d'imprécision moyenne et de divergence sont données dans le tableau 2.1.

TAB. 2.1 – valeurs des indicateurs d'imprécision moyenne et de divergence

Valeurs moyennes inférieures $E_*(\pi^j)$	$E_*(\pi^1) = 2.5$ et $E_*(\pi^2) = 13.5$
Valeurs moyennes supérieurs $E^*(\pi^j)$	$E^*(\pi^1) = 5.5$ et $E^*(\pi^2) = 16$
Imprécision moyenne $\Delta(\pi_M)$	$5.5 = 3 + 2.5$
Imprécision moyenne de l'enveloppe $\Delta(\pi_{env})$	13.5
Divergence $Div(\pi_M)$	8

Les deux modes ont une imprécision moyenne plutôt faible (2.5 et 3 pour un maximum de 20), mais comme ils sont éloignés, la divergence est assez importante (8 pour un maximum de 20).

2.2.3.5 Indicateur d'asymétrie

Description. L'asymétrie des distributions reflète un écart plus ou moins important entre les valeurs à droite (respectivement à gauche) du noyau et du support de la distribution.

Mesure. Indicateur d'asymétrie $D_{asym}(\pi) : \pi \rightarrow [a, b]$ où $[a, b]$ est un intervalle réel dans lequel varie le degré de satisfaction.

a. Cas monomodal

On considère l'indicateur d'asymétrie comme la différence entre l'étirement droit et gauche d'une distribution de possibilité π , notés respectivement D_{asy}^R et D_{asy}^L . Si $D_{asym}(\pi) > 0$, la distribution a une tendance vers les scores positifs, on parlera d'*asymétrie positive*. Dans le cas contraire où $D_{asym}(\pi) < 0$, la distribution a une tendance vers des scores moins élevés, on parle d'*asymétrie négative*.

Soit :

$$\begin{aligned} D_{asy}^R(\pi) &= E^*(\pi) - M^R(\pi) \\ D_{asy}^L(\pi) &= M^L(\pi) - E_*(\pi) \end{aligned}$$

$M^R(\pi)$ et $M^L(\pi)$ sont respectivement les modes droit et gauche de π . Si la distribution est triangulaire alors on a $M^R(\pi) = M^L(\pi)$ (Figure 2.13).

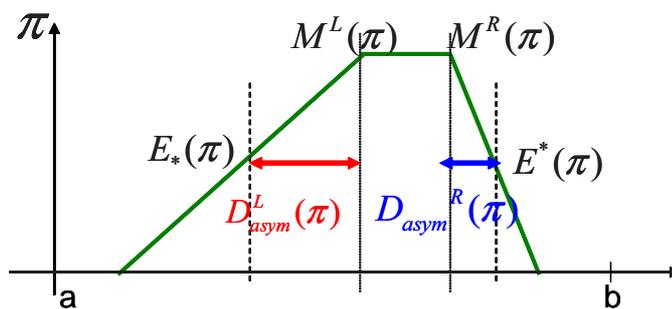


FIG. 2.13 – Asymétrie gauche et droite d'une distribution de possibilité

Définition. L'indicateur d'asymétrie est alors défini par :

$$D_{asym}(\pi) = D_{asym}^R(\pi) - D_{asym}^L(\pi) \quad (2.11)$$

$$D_{asym}(\pi) = E^*(\pi) + E_*(\pi) - M^R(\pi) - M^L(\pi)$$

b. Cas multimodal

Dans le cas d'une distribution multimodale π_M , nous considérons l'indicateur d'asymétrie relatif à la distribution enveloppe (Figure 2.14).

$$D_{asym}(\pi_M) = D_{asym}^R(\pi_{env}) - D_{asym}^L(\pi_{env})$$

$$= E^*(\pi_{env}) + E_*(\pi_{env}) - M^R(\pi_{env}) - M^L(\pi_{env}) \quad (2.12)$$

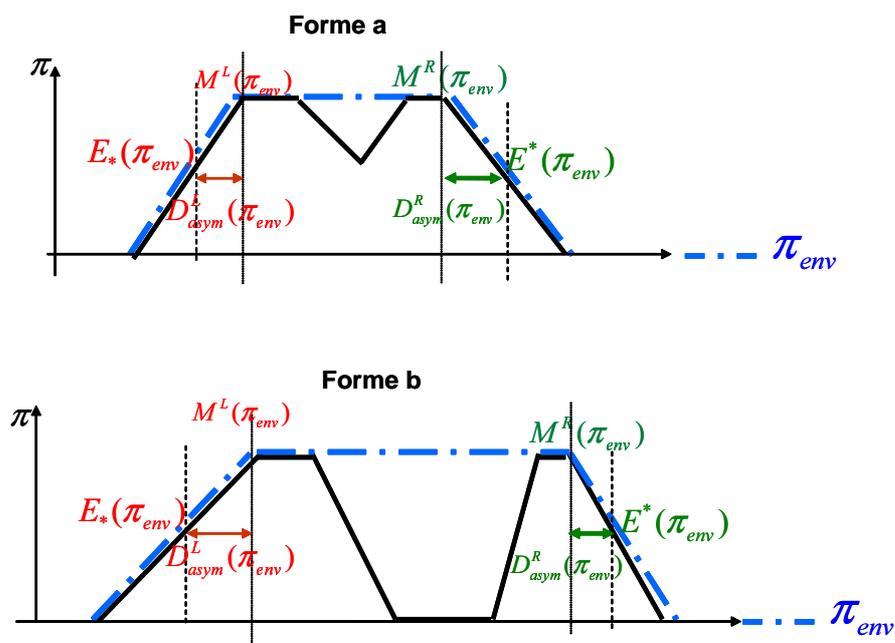


FIG. 2.14 – L'asymétrie dans le cas d'une distribution de possibilité bimodale

2.3 Propagation des distributions par l'intégrale de Choquet

2.3.1 Rappel sur l'intégrale de Choquet

Rappelons que nous avons retenu l'intégrale floue de Choquet (C_μ) car elle permet de modéliser à la fois l'importance relative des critères et les interactions entre ceux-ci, tout en modélisant un compromis entre la satisfaction des différents critères [Grabisch (1996)] [Grabisch (1997a)] [Marichal (2006)].

Nous présentons ci-après les définitions et les propriétés utiles dans notre contexte.

Définition 1. Une mesure floue μ sur C est une fonction d'ensemble μ :

- $\mu : 2^C \rightarrow [0, 1]$ satisfaisant :
- $\mu(\emptyset) = 0, \quad \mu(C) = 1,$
 - monotone, i.e. $A \subset B \subset C$ implique $\mu(A) \leq \mu(B).$

Dans le contexte des problèmes d'aide à la décision multicritère, les $\mu(A)$, représentent les coefficients d'importance des sous-ensembles de critères $A \subseteq 2^C$. Ainsi, il ne s'agit plus d'identifier des poids sur les critères uniquement (les singletons de 2^C), mais également de définir un "poids" sur toute combinaison de critères pour tout élément de 2^C . La monotonie signifie que rajouter un nouveau critère à un sous ensemble de critères A ne peut qu'accroître son importance ($\mu(A)$).

Par ailleurs, $\forall A, B \in (2^C)^2$ tel que $A \cap B = \emptyset$, une mesure floue est dite *additive* si $\mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B)$. Elle est dite *superadditive* (respectivement *subadditive*) si $\mu(A \cup B) \geq \mu(A) + \mu(B)$ (respectivement $\mu(A \cup B) \leq \mu(A) + \mu(B)$).

Considérons dans la suite un ensemble de l alternatives $Al = \{Al^1, \dots, Al^l\}$ et un ensemble C de n critères $C = \{c_1, \dots, c_n\}$. Un degré de satisfaction est associé à chaque critère. Chaque alternative Al^q est associée à un profil $x^q = (x_1^q, x_2^q, \dots, x_n^q)$ où x_i^q représente le score de l'alternative Al^q selon le critère c_i .

Définition 2. Soit μ une mesure floue sur C . L'intégrale de Choquet (discrète) de $x^q = (x_1^q, x_2^q, \dots, x_n^q)$ relativement à μ est définie par :

$$C_\mu(x_1^q, \dots, x_n^q) = \sum_{i=1}^n (x_{(i)}^q - x_{(i-1)}^q) \cdot \mu(A_{(i)}) \quad (2.13)$$

où $(.)$ indique une permutation tel que $x_{(0)} = 0, 0 \leq x_{(1)}^q \leq x_{(2)}^q \leq \dots \leq x_{(n)}^q \leq 1$, et $A_{(i)} = \{c_{(i)}, \dots, c_{(n)}\}$ un sous ensemble de critère et $\mu(A_{(i)})$ son coefficient d'importance.

L'intégrale de Choquet ($C_\mu : E^n \rightarrow \mathbb{R}$) est continue, unanimement croissante et idempotente.

L'intégrale de Choquet peut être conjonctive si $C_\mu(x) = \min(x_i) \forall x \in E^n$, dans ce cas C_μ se comporte comme si les scores des critères étaient reliées par un opérateur logique "ET". Autrement dit, le résultat de l'agrégation n'est élevé que si tous les scores partiels sont élevés.

L'intégrale de Choquet est disjonctive si $C_\mu(x) = \max(x_i) \forall x \in E^n$. Dans ce cas C_μ se comporte comme si les scores des critères étaient reliés par un opérateur logique "OU". Le résultat de l'agrégation est élevé si au moins l'un des critères a un score partiel élevé.

En général, C_μ est un opérateur convexe des x_i , $\min(x_i) \leq C_\mu(x) \leq \max(x_i) \forall x \in E^n$, donc modélise une forme de compromis. Sauf pour les cas particuliers de min et max, un faible score partiel d'un critère peut être en partie compensé par le score plus élevé d'un autre critère.

Néanmoins, en pratique l'identification des mesures floues reste complexe. En effet un problème décisionnel impliquant n critères exige $2^n - 2$ coefficients pour identifier la mesure floue μ définie sur les parties de $C = \{c_1, \dots, c_n\}$. L'identification d'une telle quantité d'informations est délicate en terme de calcul et d'interprétabilité. Pour simplifier ce problème le concept de mesure k-additive a été proposé dans [Grabisch (1997a)] [Grabisch (1997b)].

Définition 3. Soit μ une mesure floue sur C , la transformée de Möbius de μ est la fonction d'ensemble mb sur 2^C définie par :

$$mb(A) = \sum_{B \subset A} (-1)^{|A/B|} \mu(B), \forall A \subset C.$$

Cette transformée est inversible et μ peut être obtenue de mb par :

$$\mu(A) = \sum_{B \subset A} mb(B), \forall A \subset C.$$

Définition 4. La mesure floue μ est dite k-additive si sa transformée de Möbius $mb(I) = 0$ pour tout I tel que $|I| > k$ et il existe au moins un sous-ensemble I de C ayant exactement k éléments tel que $mb(I) \neq 0$.

Dans le cas particulier d'une mesure 2-additive, les interactions entre les critères sont donc considérées 2 à 2 uniquement [Grabisch (1997b)]. Dans ce cas la mesure 2-additive est définie par :

$$\mu(K) = \sum_{c_i \in K} mb_i + \sum_{\{c_i, c_j\} \subset K} mb_{ij}, \forall K \subseteq C, |K| \geq 2$$

en particulier : $\mu_{ij} = mb_i + mb_j + mb_{ij}$ et $\mu_i = mb_i = mb(\{c_i\})$, avec $mb_{ij} = mb(\{c_i, c_j\})$.

L'intégrale de Choquet peut alors être réécrite comme suit [Marichal (2006)] :

$$C_\mu(x_1^k, \dots, x_n^k) = \sum_{i=1}^n x_i^k \nu_i - \frac{1}{2} \sum_{i>j}^{I_{ij}} |x_i^k - x_j^k| I_{ij} \quad (2.14)$$

avec la propriété $\nu_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} |I_{ij}| \geq 0$ et où :

- les ν_i sont les indices de Shapley et représentent l'importance globale de chaque critère relativement à tous les autres ($\sum_{i=1}^n \nu_i = 1$).
- Les I_{ij} représentent les interactions entre les paires de critères (c_i, c_j) et prennent leur valeur dans l'intervalle $[-1, 1]$.

- Une valeur négative est significative d'une redondance entre les deux critères.
- Une valeur positive signifie qu'il y a une complémentarité entre les deux critères.
- une valeur nulle implique que les critères sont indépendants.

Le cas 2-additif est un bon compromis entre une moyenne pondérée et une intégrale de Choquet générale. En effet, les interactions interviennent comme des termes correctifs de la moyenne pondérée classique (cf. Eq. 2.14).

Ainsi, une autre écriture de l'intégrale de Choquet est fondamentale pour nos développements sur l'explication.

En fait, à chaque Al^q est associé un domaine $H_\sigma(Al^q)$ correspondant à l'ordre : $x_{\sigma(1)}^q \leq \dots \leq x_{\sigma(i)}^q \leq \dots \leq x_{\sigma(n)}^q$ où l'intégrale de Choquet a une expression linéaire avec $\Delta\mu_{(i)}^q$ le coefficient de linéarité obtenu en remplaçant les valeurs absolues dans l'équation 2.14 [Akharraz (2004)] :

$$C_\mu(Al^q) = C_\mu(x_1^q, \dots, x_n^q) = \sum_{i=1}^n \Delta\mu_{(i)}^q \cdot x_{(i)}^q \quad (2.15)$$

où $\Delta\mu_{(n+1)}^q = 0$ et $\Delta\mu_{(i)}^q = \mu_{(i)}^q - \mu_{(i+1)}^q$

avec

$$\Delta\mu_{(i)}^q = \nu_{(i)} + \frac{1}{2} \sum_{j>i} I_{(i)(j)} - \frac{1}{2} \sum_{j<i} I_{(i)(j)} \quad (2.16)$$

tel que $\nu_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} |I_{ij}| \geq 0$

L'identification des paramètres ν_i et I_{ij} d'une intégrale de Choquet 2-additive est plus simple que l'identification d'une mesure générale, et peut donc se faire en première approximation par une interrogation directe des décideurs et un ajustement a posteriori.

Pour une quantification plus fine, il est possible d'utiliser la méthode Macbeth [Bana e Costa (1992)] [Bana e Costa & Vansnick (1997)] [Bana e Costa & Changas (2004)] qui permet de faire un recueil structuré et cohérent des références et de déduire les paramètres de l'intégrale de Choquet [Grabisch *et al.* (2003)].

2.3.2 Propagation des distributions de possibilité avec l'intégrale de Choquet

Dans le cas général, l'agrégation des distributions de possibilité relatives à chacun des critères par l'intégrale de Choquet se base sur un des principes fondamentaux de la théorie des sous ensembles flous : le principe d'extension de Zadeh [Zadeh (1978)].

Soit π_{ag} la distribution agrégée obtenue via la propagation des distributions de critères par l'intégrale de Choquet. L'application du principe d'extension donne :

$$\pi_{ag}(x) = \text{sup}_{(x_1, \dots, x_n) / C_\mu(x_1, \dots, x_n) = x} (\min(\pi_1(x_1), \dots, \pi_n(x_n)))$$

Ce théorème est très général et s'applique à toutes les formes de distributions, même multimodale. Néanmoins, dans ce dernier cas, le calcul direct peut devenir lourd, mais le théorème de l'union proposé par [Dubois & Prade (1987)] permet une écriture plus simple.

Soit π^1 et π^2 deux distributions de possibilité telles que :

$$\pi^1 = \bigcup_{j=1..m1} \pi^{1j} \quad \text{et} \quad \pi^2 = \bigcup_{l=1..m2} \pi^{2l}$$

où π^{1j} et π^{2l} sont des distributions de possibilité qui composent π^1 et π^2 (dans notre contexte, ce seront des distributions monomodales). On a par le théorème de l'union [Dubois & Prade (1987)] :

$$\forall f, f(\pi^{1j}, \pi^{2l}) = \bigcup_{\substack{j=1..m1 \\ l=1..m2}} f(\pi^{1j}, \pi^{2l})$$

Par ailleurs, nous avons vu que l'ordre des scores est déterminant dans l'écriture linéaire de l'intégrale de Choquet (équations 2.15 et 2.16). Il nous faut donc transposer la relation d'ordre définie sur les x_i vers une relation d'ordre entre les distributions de possibilité afférentes à chaque critère pour pouvoir utiliser les expressions linéaires par région.

L'ordre de deux distributions peut être induit par leurs intersections [Dubois & Prade (1988b)] : chaque fois qu'il y a une intersection des parties ascendantes (resp. descendantes) des deux distributions, il y a un changement d'ordre (Figure 2.15). Chacun de ces points d'intersection détermine de part et d'autre des domaines (H_σ) où l'intégrale de Choquet a une expression linéaire. Si on a p points d'intersection, on génère $p + 1$ domaines.

Sur l'exemple de la figure 2.15, on a un seul point d'intersection entre deux distributions. On obtient deux domaines H_{21} où $\pi_2 \succ \pi_1$ et H_{12} où $\pi_1 \succ \pi_2$, au sens de la relation d'ordre considérée ($\pi_1 \succ \pi_2$ si et seulement si $\forall x \quad \pi_1(x) \geq \pi_2(x)$).

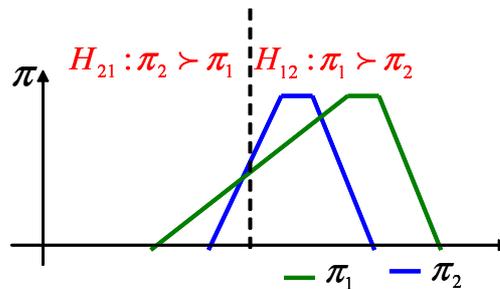


FIG. 2.15 – Exemple d'intersection ascendante

Dans le cas d'intersection entre les parties ascendantes (respectivement descendantes) des distributions d'entrée, il a été prouvé dans [Grabisch *et al.* (1994)] qu'il suffit, pour des distributions linéaires par morceaux, de calculer l'intégrale aux niveaux des points d'intersection des distributions d'entrée pour obtenir la distribution agrégée. La distribution agrégée obtenue sera elle aussi linéaire par morceaux.

Une autre méthode de propagation de distributions de possibilité, utilisant la forme issue de la transformée de Möbius de l'intégrale de Choquet, a été proposée dans [Meyer & Roubens

(2006)]. Au lieu d'être basée sur la détermination de l'ordre des distributions, cette approche est basée sur la détermination du minimum des distributions, ce qui permet une écriture globale plus élégante. Néanmoins, le résultat final est identique, et l'approche que nous avons retenue est plus adaptée aux calculs de contributions que nous proposons ultérieurement.

Exemple 1. Considérons le cas de trois critères (c_1 , c_2 et c_3) et leurs distributions de possibilité relatives (π_1 , π_2 et π_3) illustrées sur la figure 2.16. On remarque qu'il existe une intersection entre les parties ascendantes des distributions π_1 et π_2 au niveau du point de coordonnées $P(5.5; 0.5)$. De part et d'autre de ce point nous avons un changement d'ordre : $\pi_2 \prec \pi_1 \prec \pi_3$ et $\pi_1 \prec \pi_2 \prec \pi_3$.

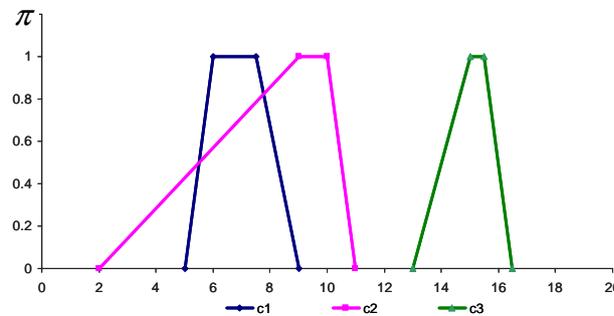


FIG. 2.16 – Distributions de possibilité des critères de l'exemple 1

Considérons maintenant la propagation de ces distributions de critères en utilisant une intégrale de Choquet 2-additive C_μ dont les paramètres sont donnés dans le tableau 2.2. Les valeurs des $\Delta\mu$ sont données dans le tableau 2.3.

TAB. 2.2 – Paramètres de C_μ

$\nu_1 = 0.5$	$\nu_2 = 0.3$	$\nu_3 = 0.2$
$I_{12} = 0.4$	$I_{13} = 0.2$	$I_{23} = 0.2$

TAB. 2.3 – Les valeurs de $\Delta\mu_i^k$ dans chaque domaine de linéarité k

$\Delta\mu_1^1$	$\Delta\mu_2^1$	$\Delta\mu_3^1$	$\Delta\mu_1^2$	$\Delta\mu_2^2$	$\Delta\mu_3^2$
0.4	0.6	0.0	0.8	0.2	0.0

La distribution propagée obtenue est donnée sur la figure 2.17. On constate qu'elle présente un point de changement de linéarité dû à l'intersection ascendante entre π_1 et π_2 . Ceci correspond aux deux domaines de linéarité existants dans cette situation.

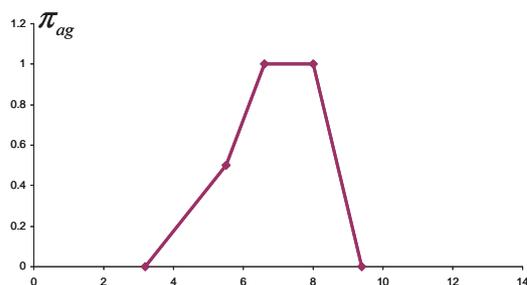


FIG. 2.17 – Distribution propagée de l'exemple 1

Exemple 2. Reprenons notre exemple 1, en changeant la distribution de possibilité relative au premier critère c_1 . La distribution π_1 est cette fois-ci une distribution bimodale ($Div(\pi_1) = 6.0$), comme proposée sur la figure 2.18.

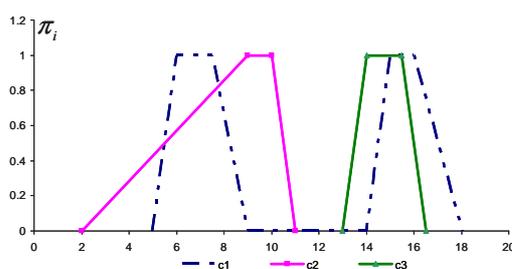


FIG. 2.18 – Distributions de possibilité des critères de l'exemple 2

La propagation par C_μ (Tableau 2.2) de ces distributions et l'application du théorème de l'union donne la distribution illustrée figure 2.19.

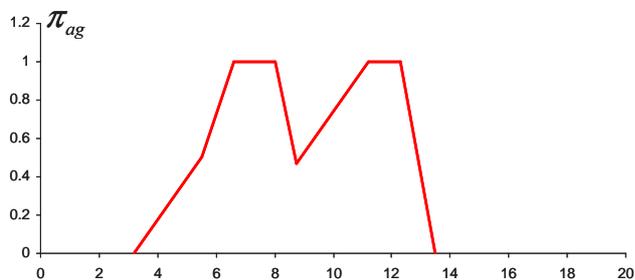


FIG. 2.19 – Distribution propagée de l'exemple 2.

La distribution résultante de la propagation des distributions de critères montre une divergence ($Div(\pi_{ag}) = 2.98$) qui est moins forte que celle du critère c_1 ($Div(\pi_1) = 6.0$).

D'un point de vue applicatif, on aimerait comprendre pourquoi et comment la bimodalité à l'entrée peut être ainsi lissée. C'est à ce genre d'explication que nous répondons dans la section 2.4

2.3.3 Propagation des indicateurs de description des distributions de possibilité

Nous avons vu que la définition des indicateurs de description des distributions de possibilités est essentiellement basée sur la notion de E^* et E_* d'une distribution π . Nous avons également mentionné que ce choix a été retenu essentiellement à cause de la conservation de ces deux grandeurs par un opérateur linéaire. Par ailleurs nous avons également vu que l'intégrale de Choquet est linéaire par régions. Les coefficients des différentes expressions linéaires que prend l'intégrale dépendent de l'ordre des distributions des critères π_i , ce qui implique que la propagation des $E_*(\pi_i)$ (resp. $E^*(\pi_i)$) dépend également de cet ordre. Cet ordre est modifié à chaque fois qu'il y a une intersection entre les parties ascendantes (resp. descendantes) des distributions d'entrée. Pour traiter le problème de propagation, nous proposons donc un découpage en fonction de l'ordre des distributions de critères. Dans chaque domaine k , défini par les intersections, on construit les distributions partielles des critères π_i^k qui dans ce domaine sont totalement ordonnées. Le principe de construction des π_i^k est visualisé sur la figure 2.20.

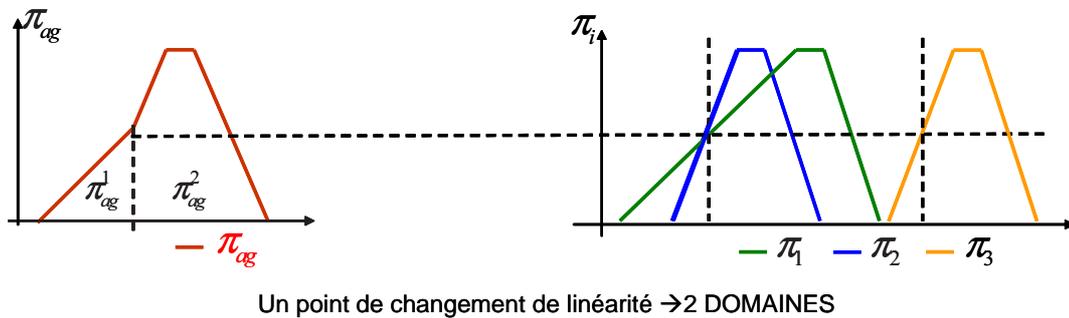


FIG. 2.20 – Principe de construction des distributions partielles

La distribution agrégée (π_{ag}) peut ainsi s'écrire comme l'union des distributions agrégées partielles relatives à chaque domaine (π_{ag}^k). Chaque π_{ag}^k est le résultat de l'agrégation par Choquet des distributions partielles des critères dans le domaine k (Figure 2.21).

Comme dans chaque domaine k , l'intégrale de Choquet est linéaire, la distribution agrégée partielle peut s'écrire :

$$\pi_{ag}^k = \sum_{i=1..n} \Delta\mu_i^k \cdot \pi_i^k$$

Ainsi on a :

$$\pi_{ag} = \bigcup_{k=1..p+1} \pi_{ag}^k = \bigcup_{k=1..p+1} \sum_{i=1..n} \Delta\mu_i^k \cdot \pi_i^k \quad (2.17)$$

avec p le nombre de points d'intersection

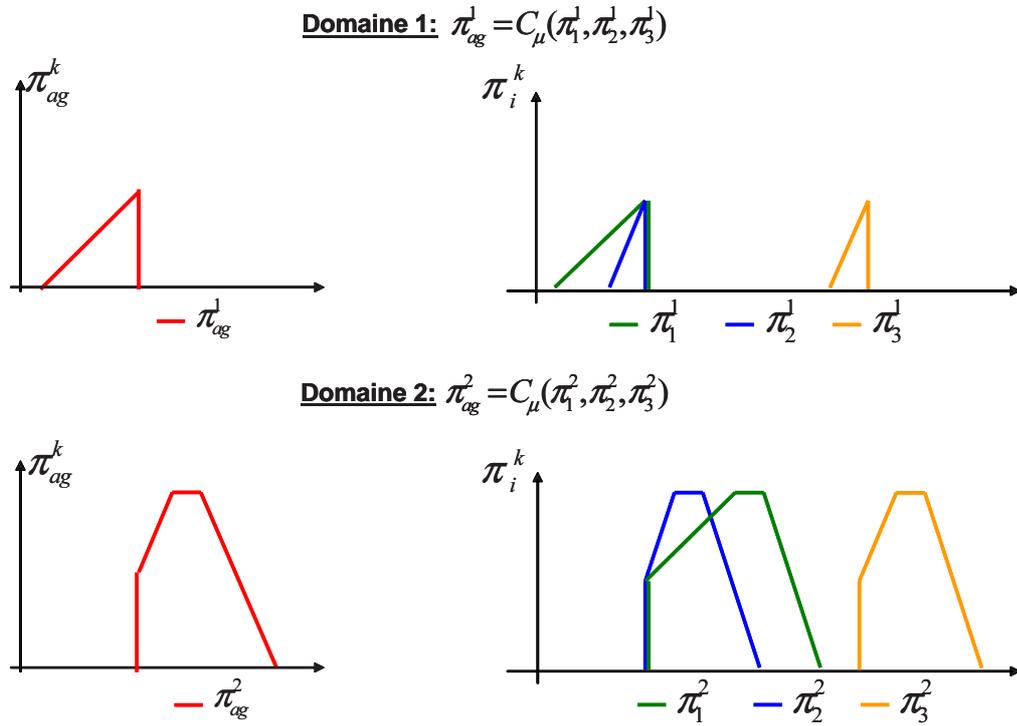


FIG. 2.21 – Les distributions partielles relatives à chaque domaine

Il s'agit maintenant de propager les indicateurs de description des distributions de possibilité. Comme leurs définitions est basées sur celles des E_* et E^* , il est nécessaire, après avoir défini notre découpage, d'écrire le $E_*(\pi_{ag})$ (resp. $E^*(\pi_{ag})$) en fonction de $E_*(\pi_i)$ (resp. $E^*(\pi_i)$). En effet, on a seulement la conservation de E_* (resp. E^*) au niveau de chaque domaine de linéarité k , c'est-à-dire $E_*(\pi_{ag}^k) = \sum_{i=1}^n \Delta\mu_i^k \cdot E_*(\pi_i^k)$ (resp. $E^*(\pi_{ag}^k) = \sum_{i=1}^n \Delta\mu_i^k \cdot E^*(\pi_i^k)$), mais on n'a pas $E_*(\pi_{ag}) = C_\mu(E_*(\pi_i))$, (resp. $E^*(\pi_{ag}) = C_\mu(E^*(\pi_i))$). Pour ce faire nous proposons le théorème suivant :

Théorème 1 : Théorème de l'union des E_* et E^*

Soit une distribution linéaire par morceaux π . Cette distribution peut être écrite comme $\pi = \bigcup_{k=1..p+1} \pi^k$ où les π^k sont des distribution linéaires adjacentes (pas nécessairement normalisées) ordonnées de gauche à droite et où p est le nombre de points de changement de linéarité. Soit k_N l'indice du domaine correspondant à la distribution partielle normalisée. On a alors pour $k_N > 1$ ($p = 0$ aboutit à une seule région, $k = 1$) :

$$E_*(\pi) = \sum_{k=1}^{k_N} E_*(\pi^k) - \sum_{k=1}^{k_N-1} E^*(\pi^k) \tag{2.18}$$

$$E^*(\pi) = \sum_{k=k_N}^{p+1} E^*(\pi^k) - \sum_{k=k_N+1}^{p+1} E_*(\pi^k) \tag{2.19}$$

Démonstration. Considérons la distribution π décomposée en trois distributions partielles, illustrée sur la figure 2.22.

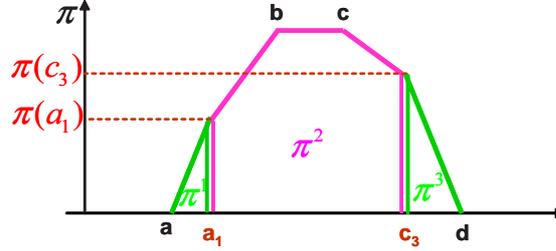


FIG. 2.22 – Exemple de décomposition d'une distribution de possibilité

Définissons d'abord E^{*1} et E_{*1} pour π_1 qui est une distribution de possibilité non normalisée. Rappelons que par définition, $E_{*1}(\pi) = \int_{-\infty}^{+\infty} x dF_{*1}^1(x)$ et $E^{*1}(\pi) = \int_{-\infty}^{+\infty} x dF_{*1}^1(x)$. Or, ici π^1 étant non normalisée, la définition de dF_{*1}^1 et dF^{*1} n'est pas immédiate.

En fait, nous considérons pour dF_{*1}^1 la distribution de probabilité suivante dégénérée, qui est la somme pondérée d'une distribution de probabilité uniforme sur $U_{[a,a_1]}$ et d'un dirac δ en a_1 :

$$dF_{*1}^1(x) = \pi(a_1).U_{[a,a_1]}(x) + (1 - \pi(a_1)).\delta(x - a_1)$$

Ainsi

$$E_{*1} = \pi(a_1).(a_1 + a)/2 + a_1(1 - \pi(a_1))$$

Par ailleurs, il est évident que $E^{*1} = a_1$.

Avec le même raisonnement nous avons pour π_3 :

$$E_{*3} = c_3$$

$$E^{*3} = \pi(c_3).(c_3 + d)/2 + c_3(1 - \pi(c_3))$$

Pour la distribution π_2 , nous avons :

$$dF_{*2}^2(x) = (1 - \pi(a_1)).U_{[a_1,b]}(x) + \pi(a_1).\delta(x - a_1)$$

et

$$dF^{*2}(x) = (1 - \pi(c_3)).U_{[c,c_3]}(x) + \pi(c_3).\delta(x - c_3)$$

Ainsi :

$$E_{*2} = (1 - \pi(a_1)).(a_1 + b)/2 + \pi(a_1).a_1$$

et

$$E^{*2} = (1 - \pi(c_3)).(c + c_3)/2 + \pi(c_3)c_3$$

Pour la distribution globale π l'application de la définition de E^* et E_* implique :

$$E_* = \pi(a_1).(a + a_1)/2 + (1 - \pi(a_1)).(a_1 + b)/2$$

$$E^* = (1 - \pi(c3)).(c + c3)/2 + \pi(c3).(c3 + d)/2$$

d'où,

$$E_* = E_{*1} - (1 - \pi(a1)).a1 + E_{*2} - \pi(a1).a1$$

ce qui donne

$$E_* = E_{*1} - a1 + E_{*2}$$

c'est à dire

$$E_* = E_{*1} + E_{*2} - E^{*1} \quad (2.20)$$

Aussi :

$$E^* = E^{*2} - \pi(c3).c3 + E^{*3} - (1 - \pi(c3)).c3$$

ceci implique

$$E^* = E^{*2} + E^{*3} - c3 = E^{*2} + E^{*3} - E_{*3}$$

Ce résultat peut être généralisé pour toute distribution ayant un nombre quelconque de points de changement de linéarité des parties ascendantes ou descendantes. Soit k_N l'indice du domaine correspondant à la distribution partielle normalisée ($k_N = 2$ dans le cas de la figure 2.22), on peut alors montrer par récurrence :

$$\begin{aligned} E_*(\pi) &= \sum_{k=1}^{k_N} E_*(\pi^k) - \sum_{k=1}^{k_N-1} E^*(\pi^k) \\ E^*(\pi) &= \sum_{k=k_N}^{p+1} E^*(\pi^k) - \sum_{k=k_N+1}^{p+1} E_*(\pi^k) \end{aligned}$$

avec $p + 1$ le nombre total de domaines de linéarité induits par les p points de changement de linéarité. □

A partir du théorème 1, nous avons le corollaire suivant :

Corollaire 1 : Corollaire du Théorème de l'union des E_* et E^*

$$MD(\pi) = \sum_{k=1}^{p+1} MD(\pi^k) - \sum_{k=1}^p p^k \quad (2.21)$$

avec p^k les points de changement de linéarité et p le nombre total de ces points.

Démonstration. Considérons toujours la distribution π de la figure 2.22. A partir des résultats du théorème 1, nous avons :

$$E_{*1} + E^{*1} = \pi(a1).(a1 + a)/2 + a1(1 - \pi(a1)) + a1$$

$$E_{*2} + E^{*2} = (1 - \pi(a1)).(a1 + b)/2 + \pi(a1).a1 + (1 - \pi(c3)).(c + c3)/2 + \pi(c3)c3$$

$$E_{*3} + E^{*3} = c3 + \pi(c3).(c3 + d)/2 + c3(1 - \pi(c3))$$

En faisant la somme S de ces trois équations, on obtient, $S = E_{*1} + E^{*1} + E_{*2} + E^{*2} + E_{*2} + E^{*2}$, on a alors :

$$S = \pi(a1).(a1+a)/2 + (1-\pi(a1)).(a1+b)/2 + (1-\pi(c3)).(c+c3)/2 + \pi(c3).(c3+d)/2 + 2a1 + 2c3$$

Or, par définition de E_* et E^* on a :

$$E_{*+}E^* = \pi(a1).(a+a1)/2 + (1-\pi(a1)).(a1+b)/2 + (1-\pi(c3)).(c+c3)/2 + \pi(c3).(c3+d)/2$$

Comme, $a1$ et $c3$ sont les points de changements de linéarité (p^k), on a ainsi :

$$MD(\pi) = MD(\pi^1) + MD(\pi^2) + MD(\pi^3) - a1 - c3$$

En généralisant par récurrence, on obtient :

$$MD(\pi) = \sum_{k=1}^{p+1} MD(\pi^k) - \sum_{k=1}^p p^k$$

□

2.3.3.1 Propagation de l'indicateur de position

Le corollaire 1 nous permet d'écrire le MD de la distribution propagée comme :

$$MD(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} MD(\pi_{ag}^k) - \sum_{k=1}^p p_{ag}^k \quad (2.22)$$

avec p le nombre total des points de changement de linéarité p_{ag}^k de π_{ag} .

Nous avons vu que chacun des points de changement de linéarité de la distribution agrégée (p_{ag}^k), définit une frontière entre deux domaines successifs k et $k+1$. Ces points peuvent être également définis comme étant le barycentre de deux MD successifs.

En effet on a :

$$p_{ag}^k = \alpha^k MD(\pi_{ag}^k) + (1 - \alpha^k) MD(\pi_{ag}^{k+1})$$

avec

$$\alpha^k = \frac{MD(\pi_{ag}^{k+1}) - p_{ag}^k}{MD(\pi_{ag}^{k+1}) - MD(\pi_{ag}^k)}$$

Ce qui nous permet d'écrire à partir de l'équation 2.22 le MD de la distribution propagée comme :

$$MD(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} (\alpha^{k-1} - \alpha^k) MD(\pi_{ag}^k) \quad (2.23)$$

avec $\alpha^0 = 1$ et $\alpha^{p+1} = 0$.

Or grâce à la linéarité de C_μ dans chaque domaine k on peut écrire (équations 2.15 et 2.16)

$$MD(\pi_{ag}^k) = \sum_{i=1}^n \Delta\mu_i^k MD(\pi_i^k)$$

Ainsi :

$$MD(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} \sum_{i=1}^n (\alpha^{k-1} - \alpha^k) \Delta \mu_i^k MD(\pi_i^k) \quad (2.24)$$

Dans le cas où la distribution agrégée est multimodale (π_{agM}), son indicateur de position s'écrit :

$$\overrightarrow{MD}(\pi_{agM}) = \begin{pmatrix} MD(\pi_{ag}^1) = \sum_{k=1}^{p_1+1} \sum_{i=1}^n (\alpha^{k-1} - \alpha^k) \Delta \mu_i^{1,k} MD(\pi_i^{1,k}) \\ \vdots \\ MD(\pi_{ag}^m) = \sum_{k=1}^{p_m+1} \sum_{i=1}^n (\alpha^{k-1} - \alpha^k) \Delta \mu_i^{m,k} MD(\pi_i^{m,k}) \end{pmatrix}$$

avec $p_j + 1$ le nombre de domaines de linéarité relatif au j ième mode de π_{agM} .

Dans le cas où π_{agM} se présente sous la "forme a" nous procédons au découpage comme le montre la figure 2.23A. Sur cette figure, la distribution agrégée présente deux modes π_{ag}^1 et π_{ag}^2 . Elle est obtenue par la propagation de π_1 (bimodale) et π_2 . Les portions de distributions de critère relatives au mode π_{ag}^2 , par exemple, sont π_1^2 et π_2^2 (Figure 2.23C).

Si les portions des $\pi_i^{j,k}$ ont une intersection au niveau des parties ascendante et/ou descendante nous procédons au découpage en domaines (Figure 2.21) comme nous l'avons vu précédemment (Figure 2.23B).

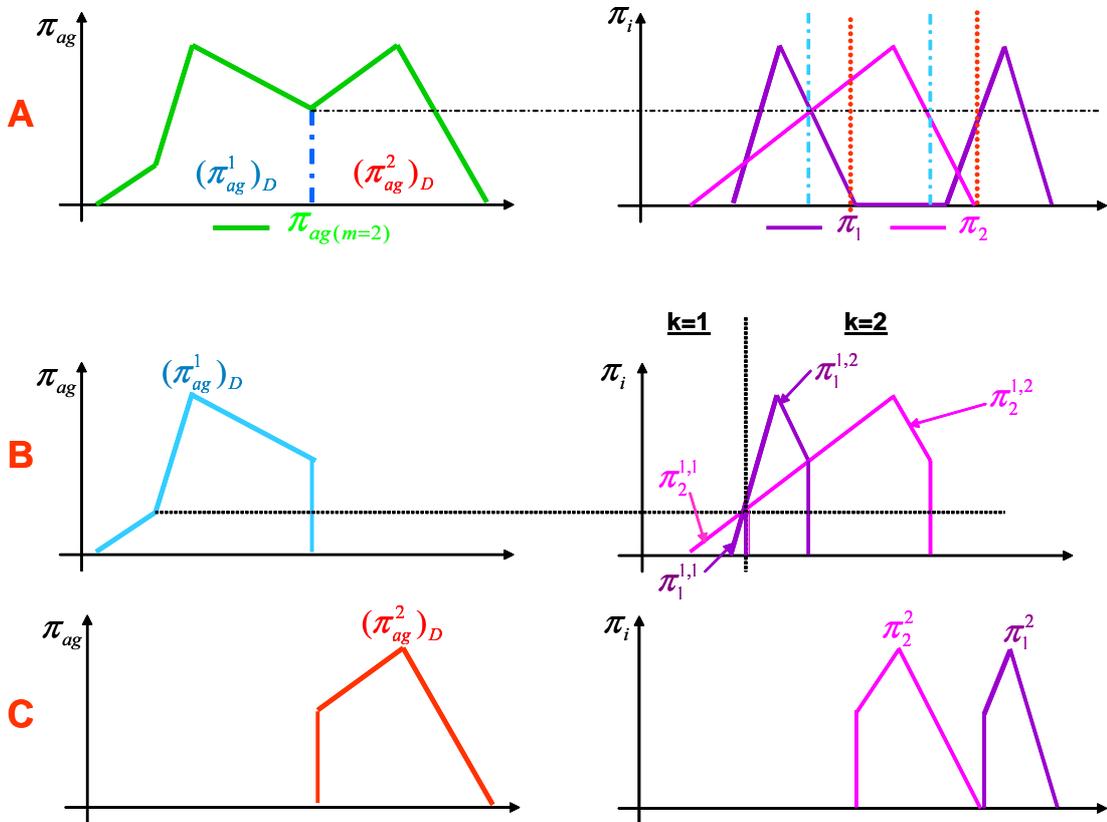


FIG. 2.23 – Découpage des critères dans le cas de multimodalité

Remarquons que $\pi_i^{j,k}$ correspond à la portion de la distribution du critère i qui a participé à l'obtention du mode j de π_{agM} .

2.3.3.2 Propagation de l'indicateur d'imprécision moyenne

Grâce à la linéarité de C_μ dans chaque domaine k et à l'invariance de E_* et E^* par transformation linéaire, l'imprécision de la distribution propagée partielle π_{ag}^k s'écrit alors :

$$\Delta(\pi_{ag}^k) = \sum_{i=1}^n \Delta\mu_i^k \Delta(\pi_i^k) \quad (2.25)$$

Par ailleurs, on a le théorème suivant :

Théorème 2 Soit une distribution linéaire par morceaux π . Cette distribution peut être écrite comme $\pi = \bigcup_{k=1..p+1} \pi^k$ où les π^k sont les distributions linéaires adjacentes (pas nécessairement normalisées) et où p est le nombre de point de changement de linéarité. On a alors :

$$\Delta(\pi) = \sum_{k=1}^{p+1} \Delta(\pi^k)$$

Démonstration. Considérons la distribution π illustrée dans la figure 2.22.

Nous avons montré grâce au théorème 1 que :

$$E^* - E_* = E^{*1} - E_{*1} + E^{*2} - E_{*2} + E^{*3} - E_{*3}$$

À partir du résultat du théorème 1 (équations 2.18 et 2.19) et de la définition de l'indicateur d'imprécision moyenne (équation 2.6) on a :

$$\Delta(\pi) = \Delta(\pi^1) + \Delta(\pi^2) + \Delta(\pi^3).$$

Ce résultat peut être généralisé pour toute distribution ayant un nombre quelconque p de points de changement de linéarité, $\Delta(\pi) = \sum_{k=1}^{p+1} \Delta(\pi^k)$. □

A partir du théorème 2, on peut ainsi déduire que :

$$\Delta(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} \Delta(\pi_{ag}^k) \quad (2.26)$$

Ce qui nous permet d'écrire finalement :

$$\Delta(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} \sum_{i=1}^n \Delta\mu_i^k \Delta(\pi_i^k) \quad (2.27)$$

Dans le cas où la distribution agrégée est multimodale (π_{agM}), elle s'écrit :

$$\Delta(\pi_{agM}) = \sum_{j=1}^m \Delta(\pi_{ag}^j) \quad (2.28)$$

avec

$$\Delta(\pi_{ag}^j) = \sum_{k=1}^{p_j+1} \sum_{i=1}^n \Delta \mu_i^{j,k} \Delta(\pi_i^{j,k}) \quad (2.29)$$

où $p_j + 1$ le nombre de domaines de linéarité relatif au j ième mode de π_{agM} et $\pi_i^{j,k}$ la portion de la distribution du critère i qui a participé à l'obtention du mode j de π_{agM} .

2.3.3.3 Propagation de l'indicateur de divergence

Il est important de préciser qu'on ne s'intéresse à l'indicateur de divergence que si la distribution agrégée est multimodale ($m \geq 2$).

En effet on a :

$$Div(\pi_{ag}) \neq 0 \Rightarrow \exists \pi_i / Div(\pi_i) > 0$$

mais :

$$Div(\pi_{ag}) = 0 \nRightarrow \forall \pi_i Div(\pi_i) = 0$$

Cela signifie que même si les distributions d'entrée sont toutes bimodales, leur propagation par Choquet peut conduire à une distribution agrégée monomodale. La figure 2.24 illustre ce cas de figure.

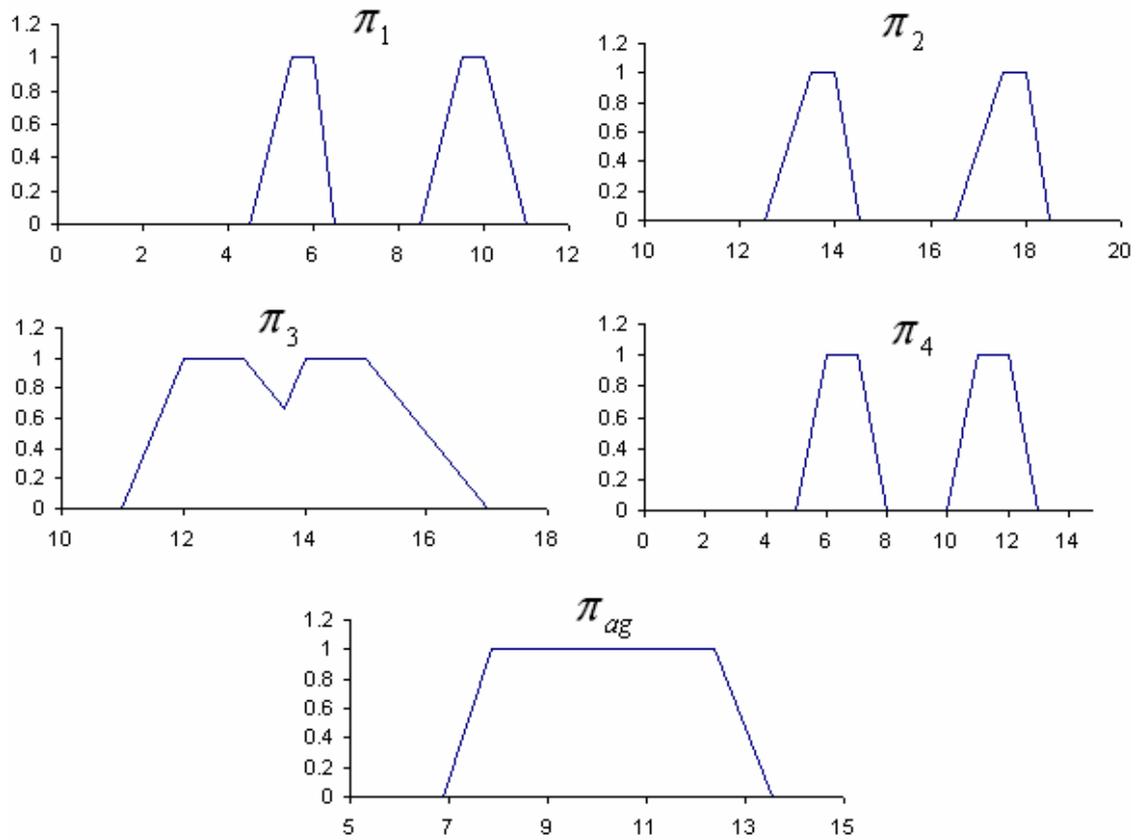


FIG. 2.24 – Exemple de multimodalité en entrée et de monomodalité en sortie

Intéressons nous maintenant à la propagation de l'indicateur de divergence par l'intégrale de Choquet. Considérons dans un premier temps le cas où π_{ag} est bimodale ($m = 2$) (Figure 2.25).

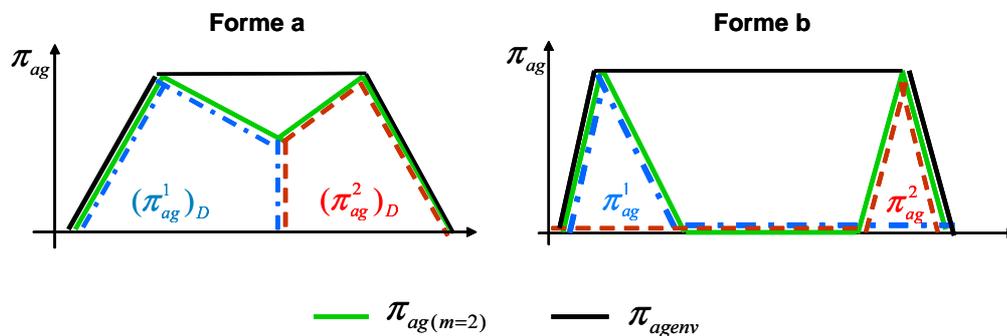


FIG. 2.25 – Cas où la distribution agrégée est bimodale

Reprenons les équations (2.7, 2.8, 2.9 et 2.10). Comme $\Delta(\pi) = E^*(\pi) - E_*(\pi)$, on peut réécrire

l'indicateur de divergence de π_{ag} comme :

$$\begin{aligned} Div(\pi_{ag}) &= \Delta(\pi_{agenv}) - \Delta(\pi_{ag}) \\ &= \Delta(\pi_{agenv}) - \Delta(\pi_{ag}^1) - \Delta(\pi_{ag}^2) \\ &= E^*(\pi_{agenv}) - E_*(\pi_{agenv}) - E^*(\pi_{ag}^1) + E_*(\pi_{ag}^1) - E^*(\pi_{ag}^2) + E_*(\pi_{ag}^2) \end{aligned}$$

Or, $E^*(\pi_{agenv}) = E^*(\pi_{ag}^2)$ et $E_*(\pi_{agenv}) = E_*(\pi_{ag}^1)$, ce qui implique

$$Div(\pi_{ag}) = E_*(\pi_{ag}^2) - E^*(\pi_{ag}^1)$$

Soit encore :

$$Div(\pi_{ag}) = 2MD(\pi_{ag}^2) - 2MD(\pi_{ag}^1) - \Delta(\pi_{agenv}) \quad (2.30)$$

où $MD(\pi_{ag}^j)$ est l'indicateur de position relatif au mode j ($j = 1, 2$ dans ce cas) de la distribution agrégée et π_{agenv} la distribution enveloppe de la distribution agrégée. Les expressions de $MD(\pi_{ag}^j)$ et $\Delta(\pi_{agenv})$ sont obtenues respectivement par les équations 2.24 et 2.27.

Notons par ailleurs que la distribution enveloppe de la distribution agrégée est celle obtenue par l'agrégation des distributions enveloppes des critères d'entrée. On écrit :

$$\Delta(\pi_{agenv}) = \sum_{k=1}^{p+1} \sum_{i=1}^n \Delta \mu_i^k \Delta(\pi_{ienv}^k)$$

avec $p + 1$ le nombre de domaines générés par les points de changement de linéarité et k l'indice de chaque domaine.

Dans le cas où la bimodalité se présente sous la "forme a" (Figure 2.6), nous considérons les distributions disjointes, l'équation 2.30 devient alors :

$$Div(\pi_{ag}) = 2MD(\pi_{ag}^2)_D - 2MD(\pi_{ag}^1)_D - \Delta(\pi_{agenv})$$

Dans le cas général où π_M est multimodale ($m > 2$) on a :

$$Div(\pi_{ag}) = 2MD(\pi_{ag}^m) - 2MD(\pi_{ag}^1) - \Delta(\pi_{agenv}) - \sum_{j=2}^{m-1} \Delta(\pi_{ag}^j) \quad (2.31)$$

avec $MD(\pi_{ag}^j)$ l'indicateur de position relatif au mode j de la distribution agrégée, $\Delta(\pi_{agenv})$ la distribution enveloppe de la distribution agrégée et $\Delta(\pi_{ag}^j)$ l'imprécision moyenne relative au mode j de la distribution agrégée, son expression est donnée par l'équation 2.29.

Dans le cas où la multimodalité se présente sous la "forme a" (Figure 2.6), nous considérons dans ce cas les distributions disjointes, l'équation 2.31 devient alors :

$$Div(\pi_{ag}) = 2MD(\pi_{ag}^m)_D - 2MD(\pi_{ag}^1)_D - \Delta(\pi_{agenv}) - \sum_{j=2}^{m-1} \Delta(\pi_{ag}^j)_D$$

2.3.3.4 Propagation de l'indicateur d'asymétrie

Considérons maintenant la propagation de l'indicateur d'asymétrie par l'intégrale de Choquet. Grâce à la linéarité dans chaque domaine k , l'asymétrie de π_{ag}^k s'écrit :

$$D_{asym}(\pi_{ag}^k) = \sum_{i=1}^n \Delta\mu_i^k D_{asym}(\pi_i^k)$$

Un raisonnement analogue à l'établissement de l'équation 2.26 donne :

$$D_{asym}(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} D_{asym}(\pi_{ag}^k)$$

Finalement, on obtient :

$$D_{asym}(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} \sum_{i=1}^n \Delta\mu_i^k D_{asym}(\pi_i^k) \quad (2.32)$$

Dans le cas où la distribution agrégée est multimodale (π_{agM}), nous avons choisi de considérer l'indicateur d'asymétrie relatif à la distribution enveloppe (Figure 2.14). Ainsi à partir des équations 2.12 et 2.32 on peut écrire :

$$D_{asym}(\pi_{agM}) = D_{asym}(\pi_{agenv}) = \sum_{k=1}^{p+1} \sum_{i=1}^n \Delta\mu_i^k D_{asym}(\pi_{ienv}^k) \quad (2.33)$$

2.3.3.5 Bilan

En résumé, nous avons montré que nous pouvons écrire chaque indicateur de description (position, imprécision moyenne et asymétrie) d'une distribution agrégée ($IDD(\pi_{ag})$) comme une somme pondérée des indicateurs des distributions des évaluations d'entrée des critères ($IDD(\pi_i^k)$).

En effet, on a (équations 2.24, 2.27 et 2.32) :

$$IDD(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} \sum_{i=1}^n \beta_i^k . IDD(\pi_i^k) \quad (2.34)$$

Cette expression ne s'applique pas à l'indicateur de divergence, mais néanmoins ce dernier peut s'exprimer comme une somme pondérée des autres indicateurs.

Rappelons que ces indicateurs ont pour objectif de permettre la quantification de grandeurs importantes pour la comparaison de distributions d'allures semblables. Mais ils constituent une perte d'information, et pour les cas de multimodalité de π_{ag} notamment, les distributions restent indispensables pour bien comprendre l'origine des différents modes.

2.4 Explication et Évaluation globale

Rappelons que l'explication vise à éclairer le décideur pendant les phases du processus de décision. Expliquer une recommandation permet de rendre celle-ci plus transparente et mieux perçue, ce qui permet aux utilisateurs d'avoir davantage confiance dans le système de recommandation. Cette nécessité de comprendre "le pourquoi" d'une décision peut être exprimée qualitativement et/ou quantitativement à plusieurs niveaux. Le "pourquoi" peut être par exemple quantitativement exprimé en termes d'influence ou de dominance relative des satisfactions particulières de critères sur la décision finale. Ce type d'information apparaît donc comme une composante essentielle de la recommandation.

Pour expliciter les bases de nos propositions pour l'explication, considérons d'abord le cas d'une solution Al où les n critères ont des scores précis (x_i) et où l'opérateur d'agrégation est la moyenne pondérée $M_w(Al)$.

Soit $M_w(Al) = M_w(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i x_i$, où w_i est le poids associé au critère i . Pour expliquer le score global de Al , on cherche à déterminer la contribution des scores partiels x_i associée à chaque critère i en interprétant le score global comme une somme de termes relatifs à chacun des critères de l'évaluation. Ainsi, pour une alternative donnée Al , nous pouvons écrire :

$$M_w(Al) = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

$\Upsilon_i = w_i \cdot x_i$ représente alors la contribution marginale du critère i dans le score global de Al . De manière plus générale, pour une expression donnée $F(Al)$, on cherche systématiquement à écrire $F(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n \Upsilon_i$ où Υ_i est la contribution du critère i à $F(Al)$. Plus cette contribution Υ_i est conséquente, plus le critère i a joué un rôle prépondérant dans cette expression.

Cette idée de l'écriture du score global sous la forme de somme de contributions d'évaluations a été étendue par [Akharraz *et al.* (2002)] [Akharraz (2004)] au cas de l'intégrale de Choquet. Nous proposons d'étendre ce résultat défini dans le cas de score précis au cas où le score partiel d'un critère se présente sous la forme d'une distribution de possibilité.

Dans la suite, nous distinguons principalement deux niveaux d'explication, en absolu et en relatif. Ces deux niveaux d'explication consistent à faire l'analyse d'une alternative donnée, en identifiant les points forts et les points faibles et en proposant des moyens d'actions pour améliorer les critères critiques.

2.4.1 Contributions marginales des distributions des évaluations partielles

L'objectif de ce premier niveau d'explication est d'identifier les évaluations partielles qui étaient décisives dans l'évaluation globale attribuée à une alternative donnée et fournir aux acteurs de décision des explications quant à la valeur intrinsèque de cette solution.

Comme nous l'avons déjà mentionné, C_μ a une expression linéaire par domaine (Eq. 2.17). Ces domaines sont définis par les points de changement de linéarité de la distribution propagée. Ainsi, la distribution de possibilité propagée π_{ag} peut s'écrire comme l'union des distributions agrégées élémentaires π_{ag}^k sur les $p + 1$ domaines.

$$\pi_{ag} = \bigcup_{k=1..p+1} \pi_{ag}^k = \sum_{i=1..n} \bigcup_{k=1..p+1} \Delta\mu_i^k \cdot \pi_i^k = \sum_{i=1..n} \bigcup_{k=1..p+1} \Upsilon_i^k \quad (2.35)$$

avec π_{ag}^k la distribution agrégée élémentaire correspondant au $k^{i\text{ème}}$ domaine et π_i^k la distribution élémentaire du critère i pour le $k^{i\text{ème}}$ domaine.

Les $\Upsilon_i^k = \Delta\mu_i^k \pi_i^k$'s représentent ainsi les contributions en termes de distributions de chacun des critères i à π_{ag}^k dans le domaine k .

Exemple

Reprenons le cas de l'exemple 1 (Figures 2.26 et 2.27). Il existe un seul point de changement de linéarité, on identifie donc deux domaines. Nous allons définir les contributions des critères dans chaque domaine (Figure 2.29).

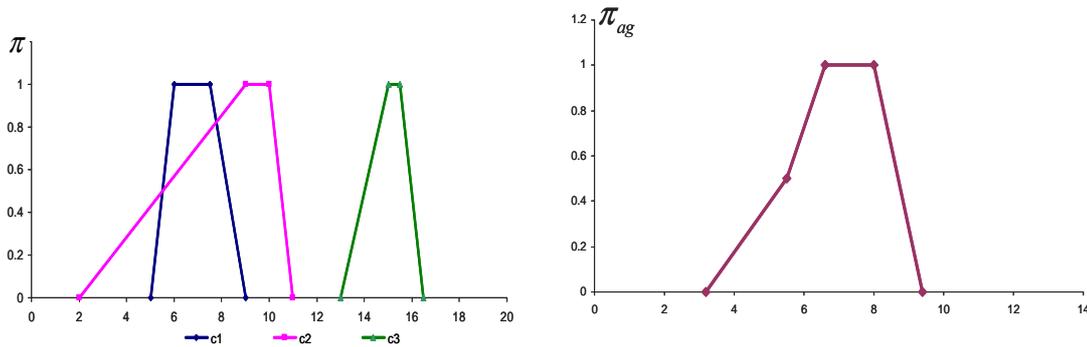


FIG. 2.26 – Distributions de possibilité des critères de l'exemple 1

FIG. 2.27 – Distribution propagée de l'exemple 1

Les contributions des critères relatives au premier domaine sont données dans le tableau 2.4. Le calcul de ces distributions de contributions est basé sur l'opération arithmétique qui consiste à multiplier une distribution par une constante α (Figure 2.28)

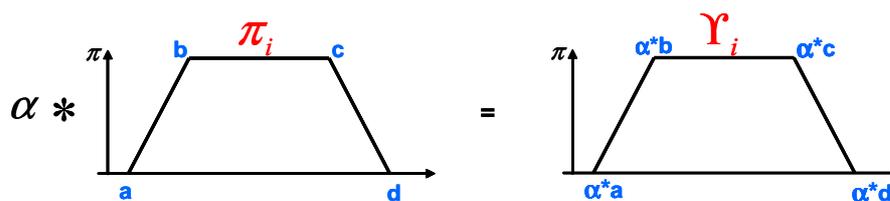


FIG. 2.28 – Principe de calcul de distributions de contributions de critère

TAB. 2.4 – Contributions des critères dans le domaine 1

Critères	$\Delta\mu_i^1$	Distributions de contributions Υ_i^1
π_1^1	0.4	((2,0); (2.2, 0.5); (2.2, 0.5))
π_2^1	0.6	((1.2, 0); (3.3, 0.5); (3.3, 0.5))
π_3^1	0.0	((0,0); (0,0.5); (0,0))

Les contributions des critères relatives au deuxième domaine sont données dans le tableau 2.5 et visualisées figure 2.29.

TAB. 2.5 – Contributions des critères dans le domaine 2

Critères	$\Delta\mu_i^2$	Distributions de contributions Υ_i^2
π_1^2	0.8	((4.4, 0); (4.4, 0.5); (4.8, 1); (6, 1); (7.2, 0))
π_2^2	0.2	((1.1, 0); (1.1, 0.5); (1.8, 1); (2,1); (2.2, 0))
π_3^2	0.0	((0,0); (0,0.5); (0,1); (0,1); (0,0))

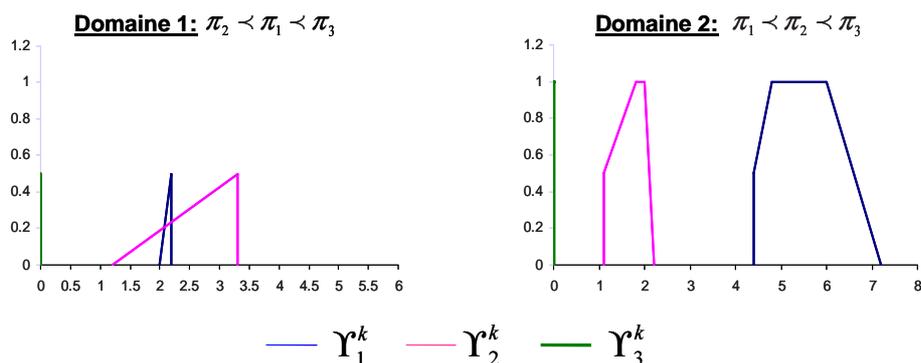


FIG. 2.29 – Distributions de contributions de critère dans chaque domaine

2.4.2 Contributions marginales : indicateurs d'aide à la décision

Si les distributions π_i^k offrent le contenu informationnel le plus exhaustif qui soit au regard du processus de propagation des incertitudes par l'intégrale de Choquet, leur interprétation quantitative peut au demeurant paraître difficile pour l'analyste. Pour faciliter celle-ci, il semble nécessaire d'associer aux distributions des indicateurs directement interprétables sous l'angle de la prise de décision et d'analyser leur propagation par C_μ .

L'analyse des distributions en termes d'indicateurs est essentielle à la compréhension des résultats par le décideur, mais aussi utile pour identifier les critères selon lesquelles une amélioration peut être nécessaire. Néanmoins, il est préférable de doter la distribution propagée de ces observateurs a posteriori plutôt que de propager ces seuls indicateurs des distributions d'entrée à la distribution de sortie, notamment dans le cas de multimodalité. De plus, parce

qu'elle garantit la conservation de l'information lors de la propagation, notre approche permet d'étendre à loisir la liste des indicateurs, ce ne sont que des observateurs a posteriori. En effet, d'autres indicateurs peuvent être construits et l'analyse de leur contribution à π_{ag} complète l'explication du processus de propagation des π_i pour l'analyste.

2.4.2.1 Cas de l'indicateur de position

– Cas monomodal

Soit Υ_{iMD} la contribution du MD relatif à la distribution du critère i au MD de la distribution propagée.

On a :

$$\Upsilon_{iMD} = \sum_{k=1}^{p+1} (\alpha^{k-1} - \alpha^k) \Delta \mu_i^k MD(\pi_i^k)$$

On obtient alors :

$$MD(\pi_{ag}) = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{iMD} \quad (2.36)$$

– Cas multimodal

La contribution à $\overrightarrow{MD}(\pi_{agM})$ est également définie comme le vecteur des contributions des MD des distributions d'entrée associées aux critères i au MD de chaque mode j , Υ_{iMD}^j .

Ainsi :

$$\Upsilon_{iMD}^j = \sum_{k=1}^{p_j+1} (\alpha^{k-1} - \alpha^k) \Delta \mu_i^{j,k} MD(\pi_i^{j,k})$$

avec $p_j + 1$ le nombre de domaine induit par le j ème mode de π_{ag} et $\pi_i^{j,k}$ la portion de la distribution du critère i qui a participé à l'obtention du mode j de π_{agM} .

Ainsi la contribution de l'indicateur de position de chaque distribution de critère π_i à celui de la distribution agrégée est définie dans ce cas par :

$$\overrightarrow{MD}(\pi_{agM}) = \begin{pmatrix} MD(\pi_{ag}^1) = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{iMD}^1 \\ \vdots \\ MD(\pi_{ag}^m) = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{iMD}^m \end{pmatrix}$$

Exemple Reprenons les données de l'exemple 1. Les résultats des contribution des indicateurs de position de chaque critère à l'indicateur de position de la distribution agrégée sont données dans le tableau 2.6.

TAB. 2.6 – contributions marginales de l'indicateur de position

Critères	Contributions marginale du MD Υ_{iMD}
π_1	4.8375
π_2	2.8625
π_3	0.0
$MD(\pi_{ag})$	$7.70 = 4.8375 + 2.8625 + 0.0$

C'est l'indicateur de position relatif au premier critère qui a le plus contribué (4.8375) à la valeur de l'indicateur de position de la distribution agrégée.

2.4.2.2 Cas de l'indicateur d'imprécision moyenne

Le principe d'explication basé sur la contribution marginale des critères nécessite que l'impact de l'imprécision induite par les distributions d'entrée associée à chaque critère sur le processus d'aide à la décision soit évalué. L'idée est d'expliquer comment l'imprécision inhérente à un critère i peut contribuer à l'imprécision du résultat global (la distribution propagée). En d'autres termes, nous voulons évaluer l'impact de l'imprécision de chaque distribution sur le processus décisionnel et identifier quelles évaluations ont le plus contribué à l'imprécision de la distribution propagée.

– Cas monomodal

L'équation (2.27) est la base pour la détermination de l'impact de l'imprécision de chaque distribution. Ainsi la contribution partielle $\Upsilon_{i\Delta}$ de l'imprécision de chaque critère à l'imprécision de π_{ag} est définie par :

$$\Upsilon_{i\Delta} = \sum_{k=1}^{p+1} \Delta\mu_i^k \cdot \Delta(\pi_i^k) \quad (2.37)$$

(2.37) permet d'identifier les critères qui ont le plus contribué à l'imprécision du score global. Ce résultat est une information utile pour l'analyste qui saura ainsi sur quel critère agir en priorité s'il veut réduire l'imprécision de son évaluation globale.

On a donc :

$$\Delta(\pi_{ag}) = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{i\Delta} \quad (2.38)$$

– Cas multimodal

D'après l'équation 2.38 on peut écrire chaque $\Delta(\pi_{ag}^j)$ comme $\Delta(\pi_{ag}^j) = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{i\Delta}^j$.

On a $\Upsilon_{i\Delta}^j = \sum_{k=1}^{p_j+1} \Delta\mu_i^{j,k} \cdot \Delta(\pi_i^{j,k})$, où $p_j + 1$ le nombre de domaine générés par le j ème mode de la distribution agrégée π_{ag}^j la portion de la distribution du critère i qui a participé à l'obtention du mode j de π_{agM} .

Ainsi la contribution de l'imprécision de chaque distribution de critère π_i à l'imprécision globale est définie dans ce cas par :

$$\Delta(\pi_{agM}) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \Upsilon_{i\Delta}^j \quad (2.39)$$

avec m le nombre total de mode.

Exemple Reprenons encore une fois les données de l'exemple 1. Les résultats des contributions des indicateurs d'imprécision moyenne de chaque critère à l'indicateur de d'imprécision moyenne de la distribution agrégée sont données dans le tableau 2.12.

TAB. 2.7 – contributions marginales de l'indicateur d'imprécision moyenne

Critères	Contributions marginale de $\Delta \Upsilon_{i\Delta}$
π_1	2.65
π_2	1.15
π_3	0.0
$MD(\pi_{ag})$	$3.80 = 2.65 + 1.15 + 00$

C'est l'imprécision du premier critère qui a le plus contribué (2.65) à celle de la distribution agrégée.

2.4.2.3 Cas de l'indicateur de divergence

Intéressons nous maintenant à la contribution des distributions d'entrée à la divergence de la propagée par Choquet. Considérons dans un premier temps le cas où π_{agM} est bimodale ($m = 2$) de "forme a".

Comme $\Delta(\pi) = E^*(\pi) - E_*(\pi)$ on peut réécrire l'indicateur de divergence de π_M comme :

$$Div(\pi_{agM}) = E_*(\pi_{ag}^2)_D - E^*(\pi_{ag}^1)_D$$

Soit encore :

$$Div(\pi_{agM}) = 2MD(\pi_{ag}^2)_D - 2MD(\pi_{ag}^1)_D - \Delta(\pi_{env})$$

A partir des équations 2.36 et 2.39, nous avons :

$$Div(\pi_{agM}) = \sum_{i=1}^n 2(\Upsilon_{iMD}^2 - \Upsilon_{iMD}^1) - \Upsilon_{i\Delta env} = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{i div} \quad (2.40)$$

$\Upsilon_{i div}$ représente la contribution du critère i à la divergence de la distribution propagée.

Dans le cas général où π_{agM} est multi modale ($m > 2$) on a :

$$Div(\pi_{agM}) = 2MD(\pi_{ag}^m) - 2MD(\pi_{ag}^1) - \Delta(\pi_{env}) - \sum_{j=2}^{m-1} \Delta(\pi_{ag}^j)$$

Dans le cas de la "forme a" nous avons :

$$Div(\pi_{agM}) = 2MD(\pi_{ag}^m)_D - 2MD(\pi_{ag}^1)_D - \Delta(\pi_{env}) - \sum_{j=2}^{m-1} \Delta(\pi_{ag}^j)_D$$

Ainsi

$$Div(\pi_{agM}) = \sum_{i=1}^n \left[2(\Upsilon_{iMD}^m - \Upsilon_{iMD}^1) - \Upsilon_{i\Delta env} - \sum_{j=2}^{m-1} \Upsilon_{i\Delta}^j \right] = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{i div}$$

2.4.2.4 Cas de l'indicateur d'asymétrie

– Cas monomodal

L'équation 2.32 permet la détermination de l'impact de l'asymétrie de chaque distribution d'entrée sur la distribution propagée. Elle permet également d'identifier les critères qui ont le plus significativement contribué à l'asymétrie de la distribution propagée. Ainsi la contribution partielle Υ_{iasym} de chaque critère à l'asymétrie de π_{ag} est définie par :

$$\Upsilon_{iasym} = \sum_{k=1}^{p+1} \Delta\mu_i^k \cdot D_{asym}(\pi_i^k) \quad (2.41)$$

Finalement,

$$D_{asym}(\pi_{ag}) = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{iasym} \quad (2.42)$$

– Cas multimodal

Dans ce cas, la contribution Υ_{iasym} est relative à la distribution enveloppe du critère i , elle s'écrit : $\Upsilon_{iasym} = \sum_{k=1}^{p+1} \Delta\mu_i^k \cdot D_{asym}(\pi_{ienv}^k)$. On a alors

$$D_{asym}(\pi_{agM}) = D_{asym}(\pi_{agenv}) = \sum_{i=1}^n \Upsilon_{iasym} \quad (2.43)$$

2.4.3 Exemple récapitulatif

Pour résumer ces concepts de contributions d'indicateurs, considérons l'exemple suivant. Soit une alternative Al évaluée selon quatre critères c_1, c_2, c_3 et c_4 . Les valeurs des poids des critères ainsi que leurs interactions sont données par les tableaux 2.8 et 2.9.

TAB. 2.8 – Poids des critères

	c_1	c_2	c_3	c_4
ν_i	0.3	0.275	0.225	0.2

TAB. 2.9 – Interactions entre les critères

I_{ij}	c_1	c_2	c_3	c_4
c_1	0.0	0.3	0.1	-0.1
c_2	0.3	0.0	0.1	0.0
c_3	0.1	0.1	0.0	0.0
c_4	-0.1	0.0	0.0	0.0

Les distributions relatives aux critères d'entrée sont données sur la figure 2.30.

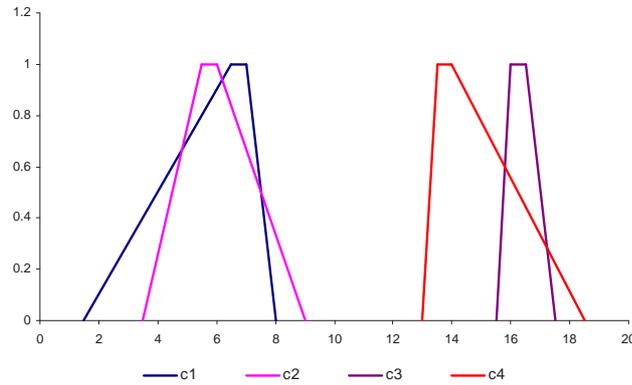
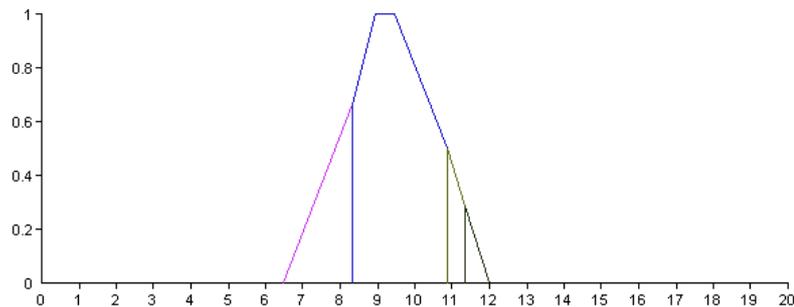


FIG. 2.30 – Distributions des critères

La distribution correspondant à l'évaluation globale de Al résultante de la propagation des distributions de critères par l'intégrale de Choquet est illustrée sur la figure 2.31. On identifie 3 points de changement de linéarité sur cette distribution agrégée, ce qui implique 4 domaines de linéarité.

FIG. 2.31 – Évaluation globale de Al

Considérons maintenant les indicateurs de description des distributions. La distribution agrégée n'étant pas multimodale, nous nous limitons aux indicateurs de position, d'imprécision moyenne et d'asymétrie. Nous reportons sur le tableau 2.10, les valeurs de ces indicateurs ainsi que leurs contributions à ceux de la distribution agrégée.

TAB. 2.10 – Valeurs des indicateurs et de leurs contributions

Critères \ Indicateurs	MD	Υ_{iMD}	Δ	$\Upsilon_{i\Delta}$	D_{asym}	$\Upsilon_{iD_{asym}}$
π_1	5.7500	1.4003	3.5000	0.9199	-2.0000	-0.5717
π_2	6.0000	2.2890	3.0000	1.2073	0.5000	0.2865
π_3	16.3750	2.0415	1.2500	0.1929	0.2500	0.0379
π_4	14.7500	3.6381	3.0000	0.8103	2.0000	0.5603
π_{ag}	9.3690		3.1004		0.3129	

Commentons par exemple le cas de l'indicateur d'imprécision moyenne. Sur le tableau 2.10 on remarque que c'est la distribution π_1 qui a l'imprécision la plus grande, ce n'est pourtant pas elle qui a le plus contribué à l'imprécision moyenne globale, mais π_2 . Par ailleurs, bien que π_2 et π_4 aient la même imprécision, elles n'ont pas contribué à valeur égale à l'imprécision moyenne de π_{ag} . Tous ces résultats s'expliquent par les valeurs des $\Delta\mu_i^k$ prises par les différents critères dans chacun des domaines de linéarité. Ainsi pour c_2 , les valeurs des $\Delta\mu_2^k$ données dans le tableau 2.11, indiquent des valeurs assez différentes (0.175 ou 0.475).

TAB. 2.11 – Valeurs des $\Delta\mu_2^k$

c_i	$\Delta\mu_i^1$	$\Delta\mu_i^2$	$\Delta\mu_i^3$	$\Delta\mu_i^4$
c_1	0.45	0.15	0.45	0.45
c_2	0.175	0.475	0.175	0.175
c_3	0.125	0.125	0.125	0.125
c_4	0.25	0.25	0.25	0.25

2.5 Explication et Comparaison

Tout décideur voulant légitimer son choix, se doit de comparer le score global obtenu par l'alternative ou le candidat choisi à d'autres alternatives possibles ou candidats concurrents.

Dans notre cadre méthodologique, le score global est une distribution de possibilité agrégée via l'intégrale de Choquet à partir des distributions des scores partiels. Pour soutenir les acteurs de la décision, nous proposons d'analyser la différence des scores globaux : ce qui revient à faire la soustraction des distributions agrégées.

2.5.1 Comparaison des distributions

Soient π_{ag}^l la distribution agrégée relative à l'alternative Al^l et π_{ag}^q la distribution agrégée relative à l'alternative Al^q .

Pour comparer ces deux alternatives, on procède à la soustraction de leur agrégée respective. Soit π_{sous} la distribution résultante.

Nous avons montré (Eq. 2.17) que chaque distribution agrégée s'écrit comme :

$$\pi_{ag}^l = \bigcup_{k=1..p_l+1} \pi_{ag}^k = \bigcup_{k=1..p_l+1} \sum_{i=1..n} \Delta\mu_{li}^k \cdot \pi_{li}^k$$

avec $p_l + 1$ le nombre de domaines engendrés par l'agrégée de Al^l .

et

$$\pi_{ag}^q = \bigcup_{k=1..p_q+1} \pi_{ag}^k = \bigcup_{k=1..p_q+1} \sum_{i=1..n} \Delta\mu_{qi}^k \cdot \pi_{qi}^k$$

avec $p_q + 1$ le nombre de domaines engendré par l'agrégée de Al^q .

Pour calculer π_{sous} , on utilise les α -coupes de π_{ag}^l et π_{ag}^q correspondantes à leurs points de changement de linéarité respectifs. Soit k' le nombre de domaines de π_{sous} résultant.

On a alors :

$$\pi_{sous} = \pi_{ag}^l - \pi_{ag}^q = \bigcup_{k=1}^{k'} \sum_{i=1}^n \Delta\mu_{li}^k \cdot \pi_{li}^k - \Delta\mu_{qi}^{k'-k+1} \cdot \pi_{qi}^{k'-k+1} \quad (2.44)$$

Illustration

Exemple 3.

Considérons les deux alternatives suivantes : Al^q ($p_q = 1$ domaine) et Al^l ($p_l = 3$ domaines) dont les distributions agrégées sont données dans la figure 2.32.

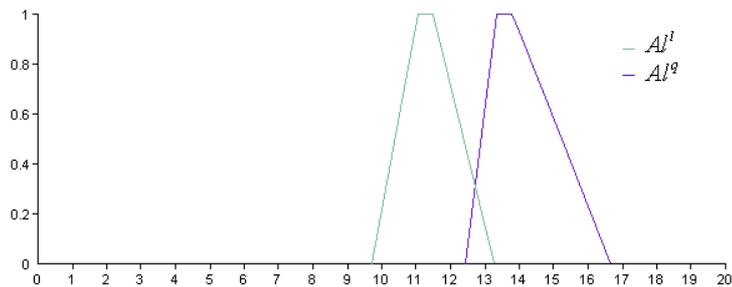


FIG. 2.32 – Les distributions propagées de Al^l et Al^q

Globalement c'est Al^l qui est préférée à Al^q . Toutefois la soustraction de leurs distributions agrégées respectives met en évidence l'existence de zones où Al^q est plus appréciée que Al^l (Figure 2.33).

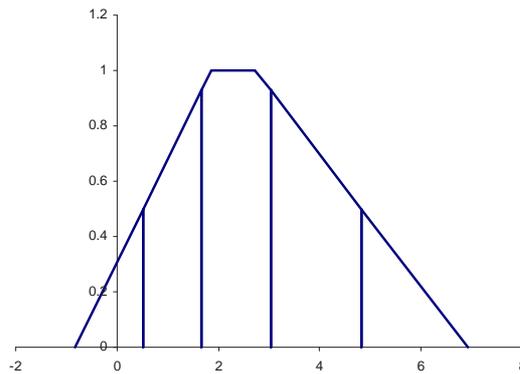


FIG. 2.33 – La distribution résultante de la soustraction de Al^l et Al^q

D'autre part, il semble pertinent pour les décideurs de comprendre pourquoi dans certaines zones de la distribution résultant de la soustraction, Al^l est inférieure à Al^q et pourquoi dans d'autres c'est le contraire. L'étude des contributions des critères dans chaque zone permet de répondre à cette question.

Exemple 4.

Considérons maintenant le cas des deux alternatives $Al^{l'}$ ($p_{l'} = 4$ domaines) et $Al^{q'}$ ($p_{q'} = 2$ domaines), (Figure 2.34). Contrairement à l'exemple précédent, on ne peut pas dire directement que $Al^{l'}$ est préférée à $Al^{q'}$ et vice versa (Figure 2.34).

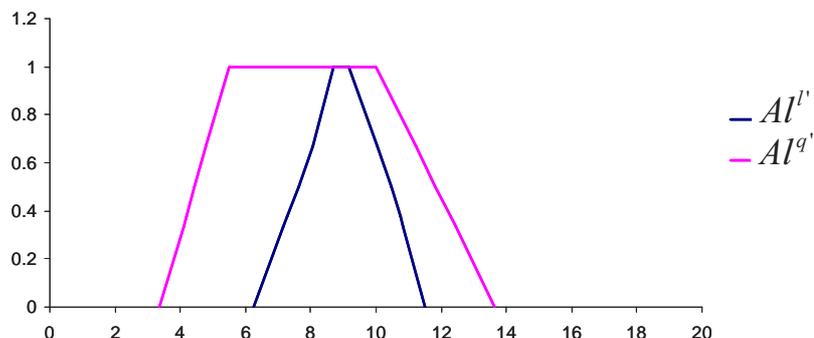


FIG. 2.34 – Les distributions propagées de $Al^{l'}$ et $Al^{q'}$

On obtient 9 domaines sur la distribution résultante de la soustraction (Figure 2.35).

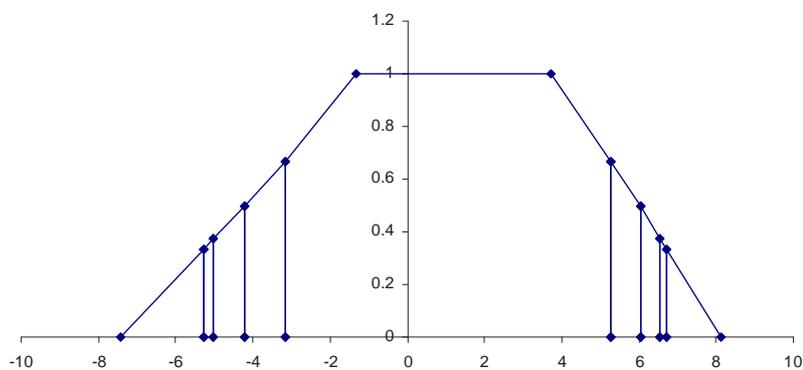


FIG. 2.35 – La distribution résultante de la soustraction de $Al^{l'}$ et $Al^{q'}$

Il est intéressant d'identifier les critères qui font qu'une solution soit préférée à une autre ainsi que les critères qui soutiennent le contraire. Une réponse est donnée dans la section suivante.

2.5.2 Explication de la comparaison par les indicateurs

Il s'agit de transposer les principes d'explication proposés dans les sections précédentes à la comparaison relative de deux alternatives concurrentes. Une approche naturelle pour la comparaison de deux alternatives Al^q et $Al^{q'}$, est de calculer la différence de leur évaluation globale, puis de calculer les contributions des critères à cette différence afin de dégager les atouts et les inconvénients de l'une et de l'autre. Dans les cas les plus simples, la distribution différence des distributions propagées de Al^q et $Al^{q'}$ est entièrement à gauche de zéro (resp. à droite) et l'on

a simplement à chercher pourquoi $Al^{q'}$ est préférée à Al^q (resp. Al^q est préférée à $Al^{q'}$). Si la valeur 0 appartient à la distribution différence, il conviendra de définir une zone neutre où les alternatives sont considérées équivalentes et on s'intéressera plus spécifiquement aux extrémités gauche et droite de la distribution différence.

Considérons l'exemple suivant. Soient, deux alternatives A ($p_A = 1$ domaine) et B ($p_B = 1$ domaine) à comparer, leurs distributions agrégées respectives, obtenues par la propagation via l'intégrale de Choquet, sont données sur la figure 2.36.

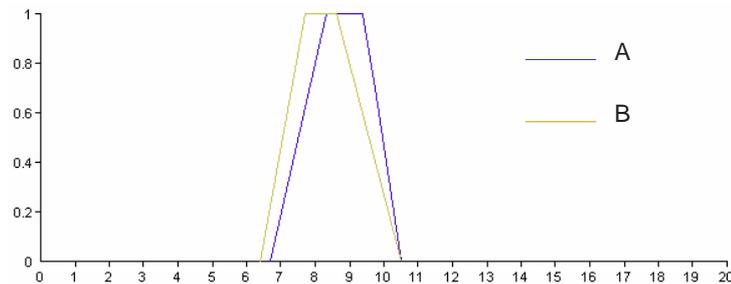


FIG. 2.36 – Distributions agrégées relatives à A et B

Nous voulons identifier les critères qui font que A est préférée à B ainsi que les critères qui supportent le contraire. Pour cela, nous allons effectuer la soustraction de $\pi_{ag}^A - \pi_{ag}^B$. La résultante π_{sous} est donnée sur la figure 2.37. On obtient 3 domaines sur la distribution résultante de la soustraction.

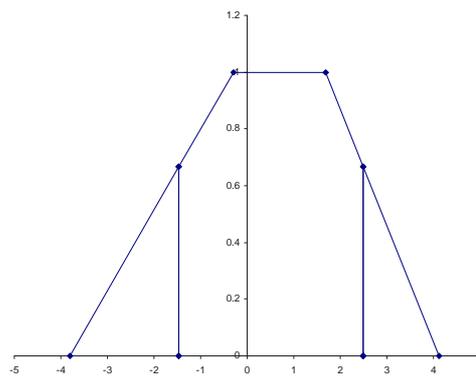


FIG. 2.37 – Distribution de la résultante de la soustraction A et B

Pour l'interprétation dans le cas général (par exemple, un cas plus complexe comme celui de la figure 2.35), il est plus judicieux de considérer un regroupement en trois zones, la zone où $A \succ B$, la zone où $B \succ A$ et la zone neutre où $A \simeq B$ (Figure 2.38).

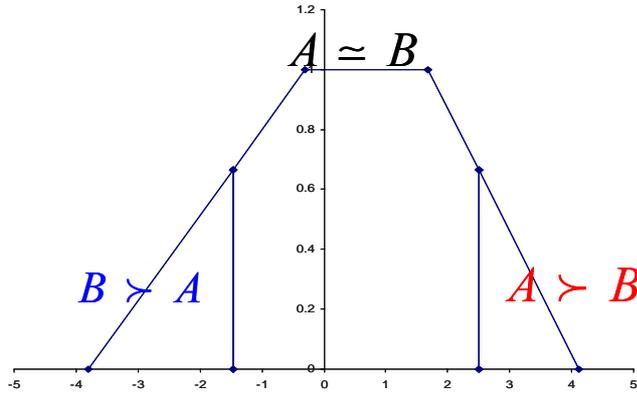


FIG. 2.38 – Distribution de la résultante de la soustraction A et B dans le cas réel

Considérons maintenant l'analyse en termes d'indicateurs de position, d'imprécision moyenne et d'asymétrie de cette situation.

2.5.2.1 Cas de l'indicateur de position

La conservation de MD par transformation linéaire donne :

$$MD(\pi_{sous}^k) = \sum_{i=1}^n MD(\Delta\mu_{1i}^k \cdot \pi_{1i}^k - \Delta\mu_{2i}^{k'-k+1} \cdot \pi_{2i}^{k'-k+1})$$

A partir de 2.24 on peut écrire

$$\begin{aligned} MD(\pi_{sous}) &= \sum_{k=1}^{k'} (\alpha^{k-1} - \alpha^k) MD(\pi_{sous}^k) \\ &= \sum_{k=1}^{k'} \sum_{i=1}^n ((\alpha^{k-1} - \alpha^k) \cdot MD(\Delta\mu_{1i}^k \cdot \pi_{1i}^k - \Delta\mu_{2i}^{k'-k+1} \cdot \pi_{2i}^{k'-k+1})) \\ &= \sum_{k=1}^{k'} \sum_{i=1}^n ((\alpha^{k-1} - \alpha^k) \cdot MD(\Upsilon_{1i}^k - \Upsilon_{2i}^{k'-k+1})) \\ &= \sum_{i=1}^n \Upsilon_i MD_{sous} \end{aligned}$$

Remarquons que ce calcul utilise les distributions de contribution des évaluations partielles des critères Υ_{1i}^k et $\Upsilon_{2i}^{k'-k+1}$ (Eq. 2.35). Dans le cas de notre exemple, la figure 2.39 représente ces distributions de contribution pour le premier domaine.

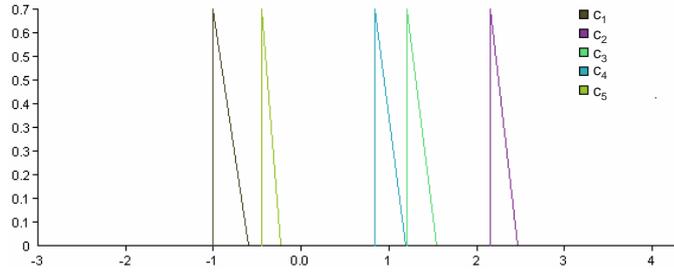


FIG. 2.39 – Les distributions de contribution des évaluations partielles dans le domaine 1

2.5.2.2 Cas de l'indicateur d'imprécision moyenne

Dans chacun des domaines de linéarité k de π_{sous} , l'imprécision moyenne de la distribution partielle $\Delta(\pi_{sous}^k)$ est :

$$\Delta(\pi_{sous}^k) = \sum_{i=1}^n \Delta(\Delta\mu_{1i}^k \cdot \pi_{1i}^k - \Delta\mu_{2i}^{k'-k+1} \cdot \pi_{2i}^{k'-k+1})$$

L'imprécision moyenne de la distribution résultant de la soustraction est :

$$\begin{aligned} \Delta(\pi_{sous}) &= \sum_{k=1}^{k'} \Delta(\pi_{sous}^k) \\ &= \sum_{k=1}^{k'} \sum_{i=1}^n \Delta(\Delta\mu_{1i}^k \cdot \pi_{1i}^k - \Delta\mu_{2i}^{k'-k+1} \cdot \pi_{2i}^{k'-k+1}) \\ &= \sum_{k=1}^{k'} \sum_{i=1}^n \Delta(\Upsilon_{1i}^k - \Upsilon_{2i}^{k'-k+1}) \\ &= \sum_{i=1}^n \Upsilon_{i\Delta sous} \end{aligned}$$

2.5.2.3 Cas de l'indicateur d'asymétrie

Dans chacun des domaines de linéarité k de π_{sous} , l'asymétrie de la distribution partielle $\Delta(\pi_{sous}^k)$ s'écrit :

$$D_{asym}(\pi_{sous}^k) = \sum_{i=1}^n D_{asym}(\Delta\mu_{1i}^k \cdot \pi_{1i}^k - \Delta\mu_{2i}^{k'-k+1} \cdot \pi_{2i}^{k'-k+1})$$

Aussi, dans le cas de l'explication en absolu nous avons montré que l'asymétrie D_{asym} de la distribution propagée s'écrit comme :

$$D_{asym}(\pi_{ag}) = \sum_{k=1}^{p+1} D_{asym}(\pi_{ag}^k)$$

Pour la distribution résultante de la soustraction des distributions propagées on a

$$D_{asym}(\pi_{sous}) = \sum_{k=1}^{k'} D_{asym}(\pi_{sous}^k) = \sum_{k=1}^{k'} \sum_{i=1}^n D_{asym}(\Delta\mu_{1i}^k \cdot \pi_{1i}^k - \Delta\mu_{2i}^{k'-k+1} \cdot \pi_{2i}^{k'-k+1})$$

2.5.2.4 Exemple

Comme illustration, reprenons notre exemple de comparaison des alternatives A et B (Figure 2.38). Nous allons considérer le cas particulier de l'indicateur de position.

Le tableau 2.12 donne les valeurs des positions dans chaque domaine k , obtenues à partir des distributions de contributions (Figure 2.39 pour le premier domaine), ainsi que celle relative à la distribution obtenue par la soustraction (π_{sous}).

TAB. 2.12 – les valeurs des indicateurs de position

Critères\domaines	Indicateurs de position			
	k1	k2	k3	$\Upsilon_{iMDsous}$
c_1	-2.38	-1.63	-0.98	-1.68
c_2	0.99	1.61	2.15	1.58
c_3	0.21	0.73	1.21	0.71
c_4	0.37	0.59	0.85	0.59
c_5	-1.04	-0.75	-0.46	-0.77
α^k	0.837	0.121	0.00	
π_{sous}^k	-1.85	0.55	2.77	
π_{sous}	$MD(\pi_{sous}) = \sum_{k=1}^{k'} (\alpha^{k-1} - \alpha^k) MD(\pi_{sous}^k) =$ $\sum_{i=1}^n \Upsilon_{iMDsous} = 0.43$			

Ainsi on pourrait dire que dans la zone où $A \succ B$ (domaine $k = 3$), c'est le critère c_2 qui a été le plus pénalisant pour B avec une contribution de l'ordre de 1.58 suivi des critères c_3 et c_4 avec une contribution respective de 0.71 et 0.59. Dans la zone où $B \succ A$, (le domaine $k = 1$), c'est essentiellement le critère c_1 qui a permis à B de faire la différence avec A avec une contribution de 1.68.

2.5.2.5 Cas de l'indicateur de divergence

Dans le cas où au moins une des alternatives à comparer est divergente, nous procédons à une comparaison par mode, et ce selon deux approches différentes : une approche *optimiste* ou une approche *pessimiste*. Supposons que nous ayons deux alternatives à comparer. La distribution agrégée de Al^q , π_{ag}^q est telle que $Div(\pi_{ag}^q) = 0$ et l'alternative $Al^{q'}$ a une distribution agrégée $\pi_{agM}^{q'}$ bimodale ($m = 2$) (Figure 2.40). L'approche *optimiste* consiste alors à comparer le mode le plus à droite $\pi_{ag}^{2q'}$ avec π_{ag}^q . À l'opposé, l'approche *pessimiste* correspond à la comparaison

du mode le plus à gauche $\pi_{ag}^{1q'}$ avec π_{ag}^q . On détermine dans chaque approche la contribution des critères et des indicateurs à la distribution π_{sous} obtenue comme vu précédemment.

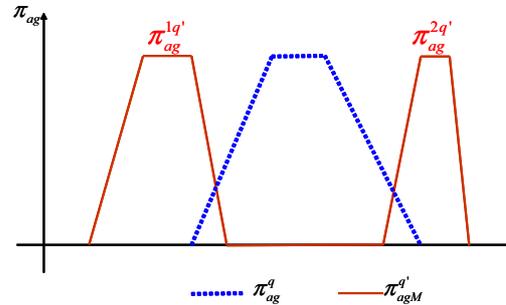


FIG. 2.40 – Comparaison dans le cas de divergence

2.6 Explication et conseil d'action

L'explication en termes de distributions ou d'indicateurs d'aide à la décision constitue un diagnostic de la situation décisionnelle : elle fournit les évaluations partielles qui ont été les plus discriminantes dans l'analyse d'une évaluation globale. Le décideur sera à même de dégager les points forts et les faiblesses de telle ou telle alternative, d'identifier ses déficits ou ses atouts par rapport à la concurrence. La question que l'on peut se poser ensuite est de savoir en quoi une meilleure compréhension de la situation peut-elle être utilisée pour la mise en place d'une stratégie de réaction ? Autrement dit, le diagnostic établi, comment mettre à profit l'information délivrée par l'explication pour réagir le plus efficacement possible. Présenter de cette façon, l'étape qui suit le diagnostic s'apparente ni plus ni moins à de la commande ou du pilotage pour faire le parallèle avec un procédé technique. Une étape de "calcul inverse" doit permettre de déterminer quels critères et quelles actions relativement à ces critères devraient être engagées (en termes de distribution directement ou d'indicateurs d'aide à la décision) pour que le diagnostic en soit modifié de façon pertinente. L'idée est donc d'introduire une boucle de rétroaction, qui définira au sens d'une fonction *objectif* à déterminer, les critères sur lesquels agir.

L'optimisation par rapport à un objectif de risque décisionnel reflétant la robustesse du classement des alternatives est une perspective intéressante mais relativement complexe. C'est pourquoi nous n'avons pas souhaité prendre cette optique pour proposer une aide au conseil d'action. Nous pensons que celui-ci doit être rattaché aux résultats du diagnostic afin d'être aisément compris par le décideur et perçu comme l'enchaînement logique du diagnostic... même si l'on s'écarte de toute logique d'optimisation. Nous ajouterons de plus que la boucle de rétroaction que nous évoquons se veut proposer un simple conseil d'action, pas un signal de commande : le conseil d'action est délivré à un être humain, le signal de commande à un processus technique ; l'être humain n'agira que s'il comprend les raisons de l'action conseillée, la machine appliquera la séquence qu'on lui impose. La dimension cognitive du conseil d'action ne saurait donc être négligée si l'on veut que la recommandation soit suivie.

Considérons l'exemple des trois alternatives évaluées selon c_1 , c_2 et c_3 lorsque H est une somme pondérée. Les coefficients des trois critères sont respectivement : 0.5, 0.3 et 0.22. Le tableau 2.13 récapitule les résultats obtenus par les trois alternatives :

TAB. 2.13 – Classement et contributions

	Al^1	Al^2	Al^3
c_1	17	17	16
c_2	17	16	11
c_3	17	12	18
Moyenne	17	15.7	14.9

L'explication propose d'analyser les raisons de l'infériorité de Al^2 (resp. Al^3) par rapport à Al^1 . Elle diagnostique un gros déficit en c_3 (resp. c_2) pour Al^2 (resp. Al^3) puisqu'il y a un manque à gagner de $5 * 0.2 = 1.0$ points (resp. $6 * 0.3 = 1.8$ points). Si le principe du conseil d'action est de remédier à ce diagnostic alors il devient naturel de conseiller à Al^2 (respectivement à Al^3) d'améliorer c_3 (resp. c_2) car c'est le critère qui a le plus pénalisé Al^2 (resp. Al^3) vis-à-vis de Al^1 (plus forte contribution dans l'explication relative).

On obtient ainsi, un conseil de sens commun : Al^1 est vu comme un point de référence et l'idée est de se rapprocher autant que se peut de cette référence. L'hypothèse qui supporte ce principe d'amélioration, qui pourrait paraître simpliste a priori, est qu'étant donné que Al^1 et Al^2 (resp. Al^1 et Al^3) sont très proches en c_1 et c_2 (resp. c_1 et c_3), si les scores de Al^1 dans ces deux critères venaient à varier lors de la prochaine évaluation, il en serait vraisemblablement de même pour Al^2 (resp. Al^3). Sous cette hypothèse, le problème réside bien dans l'écart trop significatif qu'il y a entre Al^1 et Al^2 (resp. Al^3) en c_3 (resp. en c_2) et c'est donc sur ce point qu'il faut réagir.

Le qualificatif *naturel* ou *de sens commun* accordé au conseil d'action proposé dans ce paragraphe vise l'homogénéisation des profils. L'hypothèse de ce conseil d'action " naturel " apparaît finalement tout aussi fondée qu'un calcul au sens du moindre effort à fournir et surtout correspond à la suite logique de la phase de diagnostic (cohérence cognitive).

Le même raisonnement supporte le conseil d'action lié à l'explication en absolu : on conseillera à celui qui a proposé une alternative de s'améliorer selon les critères où il est cruellement défaillant parce que l'on estime que si cette alternative est mal évaluée, cela viendrait de ces critères.

Le principe du conseil d'action envisagé dans ce paragraphe s'appuie donc directement sur les résultats du diagnostic réalisé par la phase d'explication : les contributions partielles majeures qui expliquent les déficits doivent être traitées en priorité pour remédier à la situation. La fonction *objectif* de la boucle de rétroaction n'est plus un critère à optimiser, mais un ensemble de divergences (écarts, résidus, etc.) à éliminer ou atténuer. Ce principe vise donc à homogénéiser les profils des alternatives : implicitement, on imagine que si deux alternatives ont des profils très

proches, elles subiront les mêmes aléas dans le temps.

2.7 Conclusion du chapitre

Nous avons présenté dans ce chapitre les outils méthodologiques pour la mise en place de notre système interactif d'aide à la décision. Nous avons considéré en particulier les deux premières phases de notre modèle d'aide à la décision défini dans le premier chapitre.

- **Recueil de l'information et mise en forme des données brutes** : il s'agit dans cette étape de représenter les distributions des scores partiels disponibles et ce pour chacun des critères. L'imprécision de ces scores ainsi que leur disponibilité variable, nous a conduit à considérer la représentation par des distributions de possibilité. Nous avons également analysé ces distributions de possibilité par des indicateurs quantitatifs de description : indicateur de position, indicateur d'imprécision moyenne, indicateur d'asymétrie et indicateur de divergence.
- **Exploitation et analyse de l'information** : Il s'agit dans un premier temps d'agréger les distributions de possibilité relatives aux critères d'entrée en utilisant l'intégrale de Choquet. Nous avons également défini les indicateurs de distributions relatifs à la distribution propagée. Nous avons fourni dans un second temps des éléments d'explication et de justification quant au résultat d'agrégation. En effet, nous avons défini les contributions des évaluations partielles à la distribution agrégée en termes de distributions d'une part, et les contributions des indicateurs de description de chacune des distributions d'entrée à ceux de la distribution de sortie d'autre part. Ces résultats ont été par la suite étendus au cas de la comparaison de distributions agrégées de deux alternatives concurrentes.

Nous allons voir dans le chapitre suivant l'application de ces outils mathématiques sur un cas réel. Cette application concerne la mise en place d'un support d'aide à la décision pour soutenir les équipes marketing et benchmarking d'un site de e-commerce dans la gestion des retours d'expériences de cyber-consommateurs.

Chapitre 3

Application au marketing et au benchmarking de sites e-commerce

Le témoignage est une des meilleures façons de communiquer les avantages de vos produits et leur supériorité par rapport à la compétition sans pour autant faire de l'autopromotion

Maxime Grandchamp
Marketing Internet

Ecoutes les conseils de tous et prends celui qui te convient

Proverbe savoyard

3.1 Introduction

De nos jours, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) tiennent désormais une place prépondérante dans nos économies. L'explosion de ces technologies de l'information et de la Communication ou Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) a fait de l'Internet un outil incontournable, tant au niveau personnel que professionnel.

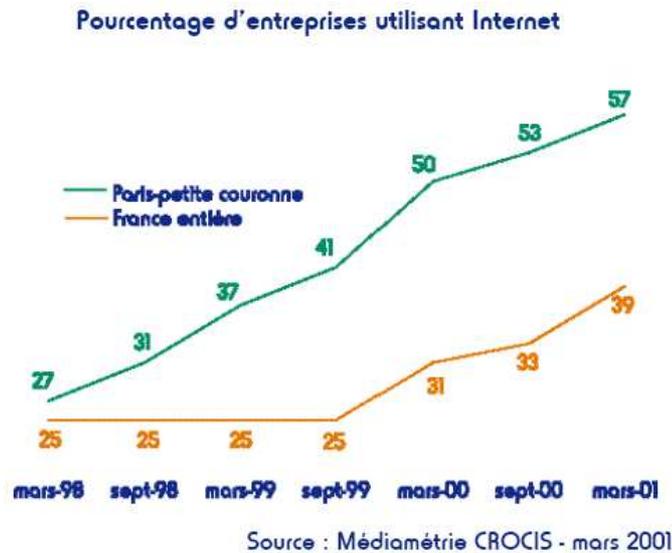


FIG. 3.1 – Évolution de l'utilisation de l'Internet en France

Aussi, beaucoup d'entreprises ont souhaité se placer sur ce créneau. De nouveaux modèles d'entreprises basés sur le web apparaissent et conduisent à une redéfinition radicale du fonctionnement des organisations et du paysage concurrentiel de nombreuses industries. Soumis à une forte pression de la concurrence, plusieurs chefs d'entreprises sont très conscients de l'enjeu important que représente l'intégration des nouvelles technologies, en particulier l'informatique et l'Internet (Figure 3.1).

L'une des applications les plus impressionnantes basées sur le web est le e-commerce. En effet, l'essor du commerce électronique a un impact indéniable sur les entreprises et va modifier en profondeur les modèles économiques et les règles du jeu de la concurrence pour les entreprises. Il s'agit là, non seulement d'un nouveau mode de commercialisation des produits et services payés, mais aussi d'une nouvelle approche du système de gestion de l'entreprise (approvisionnements à la production, logistique, service après vente, services comptables et financiers, etc)¹. L'outil informatique permet de suivre au mieux la demande des clients et de lancer presque simultanément des ordres de fabrication aux sous-traitants.

Par ailleurs, pour les consommateurs, le commerce électronique de biens et de services sur Internet permet une mise en concurrence des offres et des prix quasi instantanée et illimitée.

¹<http://demlib.com/netlib/nvllcco/ecommerce.html#pbjur>

Toutefois, malgré ses innombrables avantages, l'Internet nous a propulsés dans un monde de possibilités et de choix sans limites. En effet, grâce à cette abondance d'informations, les internautes peuvent choisir entre des milliers de produits high-tech, des millions de livres, etc. Néanmoins, face à un nombre toujours croissant de sites web de e-commerce, il n'est pas surprenant de constater que les cyber-consommateurs (clients) n'ont pas un comportement d'achat exclusif : ils se montrent circonspects vis-à-vis de l'achat en ligne car ils se sentent démunis devant le choix du site le plus adapté à leur besoin d'une part, et la pléiade de produits et de services équivalents qui leur sont proposés d'autre part. Leur connaissance souvent très superficielle du site, du produit ou du service recherché, les informations souvent succinctes et subjectives dont ils disposent, ne leur permettent pas d'évaluer et de comparer objectivement, rationnellement et exhaustivement une pléthore de sites tous susceptibles de satisfaire à leur besoin [Terveen & Hill (2001)] [McNee *et al.* (2003)].

Ainsi, confrontés à ce choix, les clients sans a priori, ont tendance à se tourner naturellement vers les opinions et les expériences d'autres cyber-consommateurs. Ce comportement est à l'origine du concept de e-recommandation : les sites de e-recommandation sont dédiés à soutenir, gérer et automatiser les partages d'opinions et de recommandations de communautés de cyber-consommateurs. Ces sites de e-recommandation donnent également à leurs membres la possibilité d'une évaluation multi dimensionnelle des sites de e-commerce ainsi que des produits qu'ils proposent selon un ensemble prédéfini de critères.

Nous nous intéressons plus particulièrement au rôle de ces sites de recommandation dans l'évaluation et le choix de sites de e-commerce. En effet, ces sites de recommandation se présentent comme des guides de sélection des sites de e-commerce. La sélection qu'ils proposent repose sur les critiques et les évaluations des cyber-consommateurs eux-mêmes, au regard d'un panel de critères d'appréciation des sites de e-commerce : convivialité du site, mise à jour, SAV, stocks, etc. Par conséquent, le manager d'un site de e-commerce se trouve continûment confronté à une évaluation multicritère par les consommateurs de son site. Il doit donc savoir être réactif face à cette évaluation multicritère qui décidera de sa notoriété sur le site d'e-recommandation et donc, par suite, de son chiffre de ventes : il doit être capable d'identifier à tout moment les dimensions les plus attractives ou les plus critiques de son activité.

En sus de l'aspect multicritère de son diagnostic, le manager est confronté à un véritable problème de gestion d'incertitude. Cette incertitude peut relever de plusieurs aspects. On distingue essentiellement l'incertitude liée à l'économie de marché (imprévisibilité du monde économique, dynamique du marché concurrentiel, évolution technologique, ...) et celle liée au traitement de l'information (dispersion et imprécision des avis des consommateurs, variabilité des avis (subjectivité, divergence), etc). Comme nous l'avons introduit dans le premier chapitre, nous limitons notre étude au cas où l'incertitude est liée à l'imperfection de l'information.

Notre objectif peut alors se formuler de la façon suivante : pour aider un manager de site de e-commerce à analyser et améliorer son évaluation multicritère sur un site de e-recommandation, nous proposons de formaliser la relation entre un site de e-commerce et un site de e-recommandation sous l'angle de l'agrégation multicritère en univers incertain. Nous avons pro-

posé dans les deux premiers chapitres un cadre formel à travers un modèle de processus d'aide à la décision. Nous verrons dans ce chapitre l'application et la mise en place de ce modèle dans le cadre applicatif de la e-recommandation dédiée aux sites de e-commerce en univers incertain. Dans cette optique, le site de e-commerce est assimilé à une entreprise qui chercherait à optimiser ses performances au vu des indicateurs résultant de l'évaluation collective et multicritère recueillie par le site d'e-recommandation. Ce travail est particulièrement dédié aux équipes de marketing et benchmarking d'un site de e-commerce.

3.2 Les activités de marketing et de benchmarking dans le e-commerce

3.2.1 Définition

L'e-commerce ou commerce électronique est une activité commerciale qui inclut les diverses transactions associées à l'achat et à la vente de biens et de services en ligne par le biais d'Internet. Une présentation des différents types de e-commerce est donnée en annexe C. Nous concentrons ci-après notre description sur les aspects importants pour notre problématique.

3.2.2 Critères d'évaluation et de mesure d'efficience des sites de e-commerce

La qualité et l'exhaustivité de la présentation, la facilité de recherche, les possibilités de transactions en ligne, l'ergonomie et le suivi des commandes sont tous des critères de mesure de l'efficience d'un site de e-commerce [Vandercammen (2006)]. Une cartographie des critères d'évaluation des sites de vente en ligne est présentée dans [Mennis (2001)] [Mennis (2005)]. Quatre grandes familles ont été définies :

Critères pour le contenu informationnel : De nos jours, il existe sur la toile des informations fiables et mises à jour ou non maintenues. La qualité et la quantité d'informations disponibles sur le site web d'un e-commerce deviennent un critère de sélection et d'évaluation important pour les clients comme pour les managers. Ce critère se décline en un certain nombre de "sous-critères" qui sont : le volume (quantité d'information sur le site), la pertinence, l'accessibilité, la fréquence de mise à jour, etc.

Critères pour le processus client et de commande : Il est important pour un site de e-commerce de tester la prise de commande en ligne pour détecter d'éventuelles lacunes. Ce critère se décompose également, en un sous ensemble de critères tels que : la description des produits, l'affichage du caddie, le suivi de commande, la disponibilité des produits, le délai de livraison, etc.

Critères techniques : Pour ce critère d'évaluation, on identifie trois catégories. La première concerne les aspects sécurité et paiement regroupant les sous critères suivants : la solution de paiement (banque,...), le protocole de sécurité utilisé (SSL, ...) et le mode de paiement utilisé (Carte bancaire, chèque,...). La deuxième catégorie concerne la facilité technique regroupant des sous critères comme la vitesse de téléchargement, le fonctionnement des for-

mulaires, etc. La dernière catégorie est relative à la technologie utilisée (base de données, serveur, etc).

Critères ergonomiques Ils ont trait à toutes les caractéristiques relatives aux aspects visuels et conviviaux du site.

3.2.3 Les activités de marketing dans le e-commerce

Les besoins croissants des hommes en informations, savoirs, et connaissances, la réalité du terrain en entreprise, l'environnement politique, économique, sociologique, technologique et écologique en perpétuelle mouvance, suggèrent aux entreprises l'élaboration de plans d'actions et de stratégies innovantes visant à optimiser et faire évoluer leur Système d'Information pour une meilleure gouvernance des risques financiers et économiques. Dans cette perspective, l'intégration d'informations relatives à la satisfaction de leurs clients par rapport à leur offre est décisive.

Le marketing est né en réponse aux problématiques nouvelles rencontrées par les entreprises et notamment au besoin de conquérir une clientèle plus large, plus changeante et plus difficile à satisfaire [Vandercammen (2006)]. Il peut être défini comme étant l'ensemble des techniques permettant de faire correspondre l'offre (produit ou service) d'une entreprise avec les attentes des consommateurs pour accroître leur vente.

L'optique **marketing** considère que l'efficacité de l'entreprise réside dans sa capacité à fournir de la valeur à ses clients.

3.2.4 Les activités de benchmarking dans le e-commerce

Face à un client très actif et ultra exigeant, un environnement concurrentiel de plus en plus accru, les managers de sites de ventes en ligne se doivent non seulement d'améliorer leur qualité de service ainsi que leur capacité à répondre aux besoins réels des consommateurs, mais aussi de se positionner et de se comparer par rapport à d'autres sites concurrents en faisant de la veille concurrentielle. On parle alors d'activités de benchmarking ou d'analyse comparative.

Le benchmarking est une méthode développée au début des années 80 par la société Xerox pour une prise de décision concernant un investissement lourd destiné à moderniser la gestion des stocks ². Le benchmarking consiste en la comparaison aux entreprises réalisant, de la manière la plus performante, un processus ou une tâche donnée, à étudier leur mode de fonctionnement et à s'en inspirer pour s'améliorer.

Il s'agit notamment de comparer et mesurer les éléments et les dimensions du processus que l'on étudie dans l'entreprise par rapport à ceux des concurrents (réels ou potentiels) afin de déterminer les différences et les écarts, d'en identifier les causes, de valider le progrès réalisé et transposer les différences observées et de fixer ainsi les objectifs de progression à atteindre.

Ainsi, l'objectif de l'analyse comparative est d'appuyer d'une part les managers de l'entreprise, du e-commerce, lors de la prise de décision, en confortant les décisions stratégiques, améliorant

²<http://www.3ie.org>

la compétitivité, réduisant les coûts, améliorant le niveau de satisfaction de la clientèle, etc. D'autre part, il s'agit de valider le progrès réalisé au sein d'une démarche d'amélioration. Il existe différentes orientations de benchmarking :

- Le Benchmarking Interne
- Le Benchmarking Compétitif ou concurrentiel
- Le Benchmarking Fonctionnel
- Le Benchmarking Horizontal

Nous nous intéressons dans nos travaux au "benchmarking Compétitif". Par ailleurs, nous avons vu que les sites de e-commerce peuvent être évalués selon un certain nombre de critères. Ainsi, il s'agit dans notre cas d'une orientation particulière du benchmarking concurrentiel des performances qui consiste à identifier les critères selon lesquels des sites de e-commerce concurrents se sont démarqués dans un espace d'évaluation multicritère et ce en se basant sur des mesures de la satisfaction des cyber-consommateurs. Cette orientation sera détaillée dans les sections qui suivent.

Une présentation plus détaillée des concepts de marketing et de benchmarking dans le e-commerce est donnée en annexe C.

3.2.5 Mesure de la satisfaction des consommateurs

La qualité des prestations est une préoccupation majeure en gestion ainsi qu'en marketing [Denis *et al.* (2001)]. Pour ce faire, les C.R.M (Customer Relationship Management), nouveaux outils de gestion des relations clients, intégrés dans un Système d'Information Marketing et Commercial adapté à l'environnement d'une entreprise, ainsi qu'aux acteurs, aux produits, aux marchés..., doivent permettre l'élaboration d'avantages concurrentiels indéniables.

Sur Internet, la concurrence, particulièrement intense, impose aux distributeurs des efforts permanents d'ajustement et d'optimisation du site, de l'offre et des services. Car, pour profiter de la croissance des achats en ligne, il convient d'être à la hauteur des exigences des clients. Mise en valeur de l'offre, information produit, navigation, processus de commande... quelles sont les meilleures pratiques sur les sites d'e-commerce ? Que font les consommateurs avant d'acheter sur tel ou tel site et quelles sont les différences de comportement d'un secteur à l'autre et entre marchands ? Quels sont les critères de choix des consommateurs ? Au final, comment les clients de chacun des principaux marchands en ligne jugent-ils leurs performances au niveau de la qualité de leur site, de la logistique et du service client ? [LeadershipFactor (2004)]

Garder les clients est profitable

La "American Customer Association" a annoncé à la fin des années 1980 qu'il était cinq fois plus cher de gagner un nouveau client que d'en garder un existant.

Une augmentation significative du bénéfice est produite parce que les clients achètent plus quand ils parviennent à mieux connaître et avoir confiance en une organisation, ce qui entraîne une diminution du coût pour fidéliser les clients. En effet, les nouveaux clients ont besoin de

plus d'aide, posent plus de questions, se plaignent et font plus de retours de marchandises. Alors que, si les clients existants sont satisfaits, ils recommanderont cette organisation à d'autres.

Les clients Satisfaits vont plus probablement rester

Là, il s'agit de la liaison que nous connaissons tous intuitivement qui existe entre la satisfaction du client et sa fidélité. Beaucoup d'entreprises ont néanmoins découvert qu'il y a une forte corrélation entre la satisfaction et la fidélité uniquement quand la satisfaction des clients est très élevée.

On ne peut pas gérer ce qu'on ne mesure pas

La fidélité des clients et la rentabilité d'entreprise sont maximisées à long terme en satisfaisant les clients. La satisfaction des clients repose sur la satisfaction ou le dépassement de leurs attentes. Pour cela, il faut organiser son business de sorte à " bien faire ce qui est d'importance pour les clients ". Un programme de mesure de satisfaction des clients objectif et robuste fournira l'information nécessaire pour maximiser les effets financiers les plus avantageux d'avoir satisfait et des clients loyaux. La mesure de satisfaction des clients permettra de :

- identifier exactement les exigences des clients,
- comprendre comment les clients perçoivent l'organisation et si sa performance satisfait à leurs exigences,
- identifier les priorités pour l'amélioration, c'est-à-dire, les secteurs où les améliorations de la performance produiront le gain le plus grand quant à la satisfaction des clients,
- définir des objectifs d'amélioration et suivre le progrès vis-à-vis de l'indice de mesure de satisfaction des clients,
- augmenter le profit par l'amélioration et la conservation des clients.

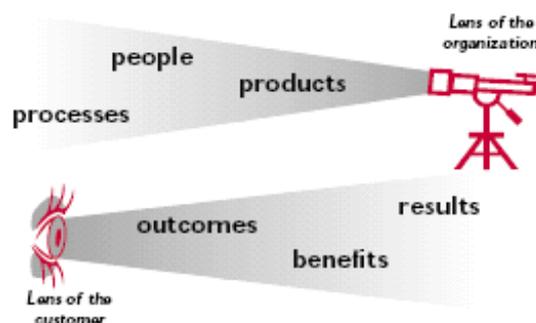


FIG. 3.2 – Vision des clients versus vision de l'entreprise (source [LeadershipFactor \(2004\)](#))

Vision du client

Pour établir la vision du client, il faut identifier les facteurs qui déterminent l'évaluation des clients d'une organisation. Typiquement les techniques utilisées sont des groupes de centre (*focus group*) (dans un environnement grand public) ou des interviews individuels en profondeur (*depth*)

interviews) (à un marché business-to-business). Ces techniques de recherche “qualitatives” sont conçues pour explorer à fond les motivations et les priorités des clients. Une fois recueillies, des méthodes statistiques d’analyses des données sont utilisées.

Bien qu’il soit important pour une entreprise de regarder à l’extérieur de son marché immédiat pour trouver la meilleure pratique et mettre au point ses performances sur des critères divers, il peut aussi être utile de connaître sa position quant à ses concurrents directs. La comparaison peut se faire de différentes façons. La plus simple est de demander à ses clients une évaluation directe de “Comment voyez-vous XYZ comparé à d’autres fournisseurs d’ABCS ?”.

Par ailleurs notons que différents travaux en relation avec la mesure de satisfaction des clients existent déjà [Grigoroudis & Siskos (2002)] [Setó & Barberà (2003)]. D’autres travaux concernent la gestion de mesures qualitatives de satisfaction des clients sont présentés dans [Zollo *et al.* (1996)] [Zollo *et al.* (1999)]. Zollo *et al.* (1999) proposent d’assister les clients dans l’expression et l’explication de leurs évaluations au cours des interview. Ces approches sont toutefois coûteuses en temps et uniquement un groupe de clients peut être considéré.

Avec l’avènement de l’Internet et le e-commerce, des masses d’informations sur les retours d’expériences sont maintenant disponibles en ligne. Les données relatives à la satisfaction des clients sont directement accessibles pour les équipes de marketing des sites de e-commerce. C’est là, sans doute qu’il faut voir la spécificité des activités de marketing et de benchmarking dans le e-commerce. Dans ce travail, nous allons étudier les retours d’expériences disponibles sur le web au profit des équipes de marketing et benchmarking d’un site de e-commerce.

Toutefois, signalons que malgré le grand intérêt que présentent ces retours d’expériences, ils peuvent parfois porter tort aux sites évalués, puisque leurs dysfonctionnements sont exposés publiquement. Par ailleurs, on se retrouve face à une surcharge de données qui ne sont pas formatées, ni formalisées qu’il faut trier et gérer. Cette problématique a donné naissance aux systèmes de recommandation.

3.3 La e-recommandation

3.3.1 État de l’art sur les différents types de systèmes de recommandation

Un système de recommandation est un système qui fournit une recommandation, c’est-à-dire, une prédiction, un avis, ou une liste d’articles pour aider un utilisateur lors de l’achat d’articles. Nous passons brièvement en revue dans cette section les principaux types de systèmes de recommandations (RS) existants dédiés au e-commerce [Schafer *et al.* (1999)] [Schafer *et al.* (2001)] [Schafer (2005)] [Terveen & Hill (2001)]. Nous utilisons également dans ce mémoire le terme de e-recommandation pour décrire ces systèmes de recommandation en ligne.

Face à un nombre toujours croissant de sites web de e-commerce, il n’est pas surprenant de constater que les cyber-consommateurs (clients) n’ont pas un comportement d’achat exclusif :

ils se montrent circonspects vis-à-vis de l'achat en ligne car ils se sentent démunis devant le choix du site le plus adapté à leur besoin. La pléiade de sites d'e-commerce proposée aux internautes met nécessairement en défaut leur connaissance superficielle de cet univers des possibles [McNee *et al.* (2003)] [Terveen & Hill (2001)]. Ainsi, confrontés à ce choix, les clients sans a priori, ont tendance à se tourner naturellement vers les opinions et les expériences d'autres cyber-consommateurs. Le concept d'e-recommandation est né de cette problématique. Le principe de la e-recommandation est de proposer au client, confronté à ce dilemme, les opinions et les témoignages d'autres cyber-consommateurs qui ont déjà testé et évalué les sites qui l'intéressent.

Plusieurs approches algorithmiques ont été appliquées à la problématique de mise en place de systèmes de recommandation précis et efficaces. Les premiers systèmes de recommandation étaient les "content filtering systems" conçus pour réduire la surcharge de l'information dans des domaines textuels [Schafer (2005)]. Ceux-ci étaient souvent basés sur le filtrage traditionnel de l'information et les systèmes de recherche documentaire. Les systèmes de recommandation qui contiennent des méthodes de recherche documentaire sont fréquemment utilisées pour satisfaire des besoins éphémères (de conservation limitée, souvent à utilisation unique) de bases de données relativement statiques.

Généralement, on attend les meilleures recommandations de quelqu'un avec qui on partage les mêmes goûts, il reste toutefois à trouver cette personne. Les systèmes de recommandation à base de "collaborative filtering" (CF) constituent une tentative pour faciliter le processus de "matching" des gens partageant les mêmes intérêts et faire par la suite des recommandations sur cette base. En effet, un client *A* évalue un certain nombre de produits, à partir de ses évaluations le système construit une représentation approximative des centres d'intérêts de *A*. Le système fait par la suite correspondre ces évaluations avec toutes les autres évaluations soumises par les autres utilisateurs et définit ainsi les plus proches voisins de *A*. Finalement, le système de CF va recommander à *A* des produits que ses plus proches voisins ont évalués positivement. Pour se situer par rapport au contexte des mesures de satisfaction de clients, on dira que ces systèmes de CF fournissent des *mesures directes* de satisfaction.

On peut évoquer également, les "Content Bases System". Ces systèmes utilisent uniquement les préférences du client, ils lui recommandent des produits similaires à d'autres produits que le client a choisis auparavant. Ce principe est aussi utilisé pour guider l'acheteur dans son analyse comparative avant son achat. Si par exemple le client a l'intention d'acheter un "Sony ericsson", le "Content Bases System" lui propose tous les produits concurrents de "Sony ericsson" et ce en se basant sur une simple analyse des données caractéristiques du produit. Là, il s'agit d'une *mesure indirecte* de la satisfaction du client.

D'autres types de systèmes de recommandation utilisent des techniques de fouille de données "Data Mining". Dans ce cas, les recommandations sont construites en utilisant la connaissance

apprise à partir des actions et des attributs des clients. Ces systèmes sont souvent basés sur le développement de profils d'utilisateurs qui peuvent être persistants (basés sur des données démographiques ou basées sur un historique "de consommation d'articles"), éphémères (basés sur les actions pendant la session en cours), ou les deux. Ces algorithmes incluent des techniques de groupement (*clustering*), des techniques de classification, la génération de règles d'association et la production de graphes de similitude. Ainsi, si on reprend l'exemple du client ayant acheté un "Sony ericsson", la recommandation consistera à lui signifier que 75% des personnes ayant acheté ce produit l'avait acheté avec le pack étui, carte mémoire et le kit main libre. Là encore, nous sommes dans le cas d'une *mesure indirecte* de la satisfaction du client.

Le point commun à tous ces systèmes de recommandation est le fait qu'ils sont dédiés à soutenir un client dans le choix d'un produit ou d'un fournisseur de produits [Schafer (2005)]. Comme nous sommes dans une optique de mesure de satisfaction des clients, les RS de type "collaborative Filtering" sont plus intéressants dans notre cas du fait qu'ils proposent une mesure directe de la satisfaction. Toutefois, ces systèmes ne proposent encore que rarement une analyse multicritère. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes tournés vers un site particulier proposant de la e-recommandation à partir de mesures directes de satisfaction des clients selon un panel de critères définis au préalable. Il s'agit de "ciao.com", pour lequel nous allons tenter de formaliser cette analyse multicritère.

Grâce à ces formidables bases de données, la e-recommandation, entre autres celle proposée par "ciao", acquiert une importance grandissante dans le monde du e-commerce. Ces guides du e-commerce, très fréquentés, en proposant une évaluation en temps réel des sites concurrents, sont perçus comme de nouveaux garants de la e-consommation. Ces sites se présentent en effet comme des guides de sélection des sites de e-commerce et ils jouent par conséquent un rôle très influant dans le business de ces derniers. En effet, les sites de e-recommandation, en particulier le cas de "ciao", peuvent stimuler les ventes des sites de e-commerce de différentes façons [Schafer *et al.* (1999)] [Schafer *et al.* (2001)] :

- En convertissant de simples navigateurs en quête d'informations sur le web en acheteurs potentiels, ils sont générateurs de clients. A un internaute cherchant des renseignements sur un produit ou un service, le site de recommandation va offrir une information utile à travers une riche base de retours d'expériences d'autres internautes. Le client peut être intéressé par un autre produit, il va avoir la possibilité d'acquérir l'objet par le biais d'un simple clic sur un lien vers le site de e-commerce qui aura convaincu l'internaute,
- En proposant aux personnes cherchant des recommandations sur certains produits, des liens vers d'autres articles compatibles avec leur recherche ; il s'agit là de *cross-selling*,
- En renforçant la "loyauté" des cyber-consommateurs : à partir de l'apprentissage sur les comportements d'achat de la communauté (le potentiel des sites de recommandation), les sites de e-commerce pourront établir des profils de consommateurs et améliorer ainsi leurs offres pour mieux répondre aux attentes des clients. Cet apprentissage peut être restreint sur des individus prototypes. En effet, dans la communauté des consommateurs, on peut identifier des "influenceurs" dont les critiques et les recommandations sont très suivies et

très sollicitées par le reste du groupe,

- En permettant de faire de la veille économique par la prise en compte des évolutions technologiques dans les différents secteurs d'activité ce qui peut conduire à améliorer sans cesse la compétitivité dans l'e-commerce (produits...).

3.3.2 Cas d'application : Ciao.com

a. Présentation et fonctionnement

“Ciao.com” est un guide indépendant qui permet aux consommateurs de s'informer en amont de toute décision d'achat.

“Ciao.com” est une communauté en ligne forte de plusieurs millions de membres qui donnent des avis critiques et évaluent des produits, des services et des sites de e-commerce pour d'autres consommateurs selon un certain nombre de critères prédéfinis. Pionnier sur le marché grandissant de recherche par Internet, “Ciao” a gagné sa réputation grâce à son service client et en menant un développement de services d'accès à Internet pour les consommateurs. Il est non seulement tourné vers les consommateurs, mais il offre aussi des services aux différents sites web de e-commerce et entreprises clientes ⁵.

Tous les Internauts trouvent ainsi des avis utiles pour prendre de meilleures décisions d'achat sur des thèmes divers tels que “les voyages”, “l'informatique” ou encore “la téléphonie”. Il est par exemple possible, sur “www.ciao.fr” de se renseigner auprès d'utilisateurs sur leurs expériences dans les hôtels lors de séjours en Tunisie ou sur l'autonomie d'un nouveau téléphone portable Ericsson. Grâce aux “Ciao Ratings” ils peuvent comparer les jugements de la communauté de consommateurs sur “ciao”. “ciao” permet, outre l'évaluation des produits, l'évaluation des fournisseurs de produits, les sites de e-commerce. Nous nous intéressons justement à cette seconde fonctionnalité (Figure 3.3).



The screenshot shows the Ciao.com website interface. At the top, there is a navigation menu with categories like Audio Vidéo, Auto, Electroménager, Films, Informatique, Musique, Photo, Portables, Voyages, and Plus. Below the menu is a search bar with the text "Que recherchez-vous?" and a search button. The main content area is titled "Tous les magasins sur Ciao" and displays a list of shops. The list has columns for "Logo du Magasin", "Noms des Magasins", "Evaluation du produit", "Produits", and "Liens".

Logo du Magasin	Noms des Magasins	Evaluation du produit	Produits	Liens
	CD WOW!	★★★★☆ 8 Evaluations	Afficher les Produits	Plus >
	Cdiscount	★★★★☆ 1885 Evaluations	Afficher les Produits	Plus >
	Centre d'audition	★★★★★ 1 Evaluation	Afficher les Produits	Plus >
	CHAKATCHE	★★★☆☆ 2 Evaluations	Afficher les Produits	Plus >
	Cinquieme-avenue	★★★★☆ 5 Evaluations	Afficher les Produits	Plus >
	Climweb.com	★★★★★ 1 Evaluation	Afficher les Produits	Plus >

FIG. 3.3 – Exemple de e-commerce évalués sur le site “ciao.com”

⁵<http://www.ciao.fr>

b. “Ciao.com” et les consommateurs

Disponible sans frais aux consommateurs dans la langue locale sur les marchés européens, “Ciao” propose à la fois des avis de consommateurs supposés être non biaisés ainsi que des informations sur les prix de centaines de commerçants, faisant ainsi de “Ciao” la source de “*shopping intelligence*” la plus détaillée du web⁵.

Ainsi “Ciao” offre aux utilisateurs un éventail d’informations précieuses sur les biens de consommation et services présents sur le marché, incluant des avis authentiques rédigés par d’autres utilisateurs et une comparaison des prix disponibles dans les magasins en ligne les plus compétitifs (selon “Ciao.com” : *plus de 10 millions d’internautes visitent le site chaque mois, en faisant l’un des principaux portails d’achats en ligne d’Europe*²).

Chaque membre “Ciao” peut rédiger des avis sur des produits. La rédaction d’un avis doit être basée sur la véritable connaissance et l’expérience du produit ou du e-commerce en question et non sur la base de documents lus ou entendu d’une source secondaire. Les internautes consultent les avis pour prendre connaissance de l’opinion d’une personne qui a mis à disposition de la communauté un véritable retour d’expériences.

Par ailleurs, les membres inscrits de “ciao.com” ont la possibilité de gagner de l’argent via le site et ce en rédigeant des avis, en participant à des sondages rémunérés, etc. En effet, les avis rédigés sur certains produits recevront un petit paiement à chaque fois qu’un autre membre aura donné à cet avis une évaluation “intéressant”, “très intéressant”, ou “exceptionnel”. D’où l’intérêt des clients à rédiger des avis fiables de grande qualité afin de recevoir de nombreuses évaluations positives d’autres membres qui leur permettront d’être rémunérés pour leurs conseils !

Cette précieuse base de données, riche en retours d’expériences de consommateurs, représente la clé et la base de notre approche de la e-recommandation.

c. “Ciao.com” et les entreprises clientes

“Ciao” propose à ses membres des sondages en ligne dans un but d’étude de marché, pour le compte de ses entreprises clientes. Avec un accès global direct à des millions de consommateurs dans différents pays, “Ciao” s’associe à des agences d’étude de marché et à des professionnels du marketing en recueillant les données nécessaires à leurs études. La fréquentation des sites de e-recommandation, la veille économique, ainsi que le capital de connaissances que représentent leurs bases de critiques laissent percevoir le rôle clé que peuvent jouer les sites de e-recommandation dans le commerce électronique. Cette perspective est la raison pour laquelle ces sites de recommandation se tournent désormais vers des partenariats avec des e-commerces en leur assurant une veille économique et leur proposant des solutions de e-marketing visant à accroître leurs performances. Ainsi, le recueil des évaluations récoltées sur le site de e-recommandation “ciao”, se présente comme un outil de travail extrêmement utile aux responsables marketing, benchmarking et de gestion de la relation avec le client (CRM) des sites de e-commerce pour le développement de stratégies pour fidéliser les clients, mieux satisfaire leurs demandes et rester compétitifs en temps réel. Le suivi de leur propre évaluation et de celles de leurs concurrents constitue un observateur de leur état de santé. C’est cet accès à

une information très riche qui fait la spécificité du marketing dans le e-commerce.

Pour conclure, ce qui a déterminé notre choix pour “ciao.com”, est d’une part sa réputation de Pionnier sur le marché grandissant de la e-recommandation, d’autre part sa base de données riche de milliers de retours d’expériences fournis par ses membres dans un espace d’évaluation multicritère. Par ailleurs, les motivations que proposent “ciao.com” pour ses membres garantissent l’authenticité et la qualité des retours d’expériences, ce qui nous assure une crédibilité des résultats et des recommandations. Enfin, les partenariats avec les sites d’e-commerce ainsi que les études de marché réalisées auprès de leurs membres au profit des équipes de marketing ont été également déterminants pour l’adoption de “ciao.com” comme cadre d’application de nos travaux. En effet, comme nous l’avons annoncé, notre objectif est d’instrumenter les équipes de marketing de fonctionnalités permettant d’améliorer leurs performances et de mieux répondre aux attentes des clients.

3.3.3 Notre vision de la e-recommandation

Nous avons vu que la mesure de satisfaction des clients est un concept clé dans les activités de marketing et de benchmarking d’une entreprise. Nous sommes également dans le cas particulier de sites web de e-commerce où les retours d’expériences des clients sont directement accessibles sur le web pour les études de e-marketing et de benchmarking. Il faut toutefois gérer cette masse d’information, d’où l’émergence de systèmes de recommandation dont certains d’entre eux fournissent une mesure directe des satisfactions des clients. Le cas du site de e-recommandation “ciao.com”, en plus de présenter une évaluation multicritère, vient nous conforter dans l’idée de l’intérêt que présente la e-recommandation pour le marketing. Toutefois, “ciao.com” est actuellement plutôt dédié aux cyber-consommateurs, nous proposons donc d’orienter et d’améliorer ses fonctionnalités à l’usage des équipes de marketing et de benchmarking.

En effet, les sites de e-recommandation donnent l’opportunité à leurs membres d’évaluer les sites de e-commerce au regard d’un ensemble de critères tels que le choix des produits, le prix, le délai de livraison, le suivi de commande, le service après vente, etc. Généralement, le cyber-consommateur est aussi invité à fournir une évaluation globale du site. C’est cet aspect d’évaluation multicritère qui nous intéresse dans notre vision de la e-recommandation.

Notre vision de la e-recommandation repart des évaluations qui sont les mesures de satisfaction des clients, qu’elles relèvent d’une évaluation propre à un angle d’analyse particulier (un critère) ou qu’elles reflètent une impression générale. La formalisation que nous proposons de ce processus d’évaluation est basée sur des techniques d’agrégation multicritère. L’explication des “scores” atteints par les sites soumis à évaluation en termes de critères les plus discriminants est à la base de fonctionnalités pour les équipes de marketing d’un e-commerce.

Par ailleurs, la recommandation passe également par la comparaison vis-à-vis des concurrents. Ainsi, avant de recommander telle ou telle action, les responsables benchmarking d’un site de e-commerce se doivent aussi de comparer les mesures de satisfaction de leurs clients par rapport

à ceux de leurs concurrents et d'identifier les critères qui ont fait la différence.

Notre vision de la e-recommandation s'articule ainsi autour de l'analyse multicritère des retours d'expérience des clients afin de soutenir les équipes de marketing et de benchmarking et tirer profit au mieux des mesures de satisfaction disponibles. Nous allons maintenant voir comment mettre en place concrètement cette vision sur la base de l'existant pour définir notre système de e-recommandation. C'est la raison pour laquelle nous avons effectué quelques études de terrains auprès d'experts du domaine afin d'affiner nos propositions en termes de fonctionnalités.

3.4 Étude de terrain et analyse des fonctionnalités existantes

3.4.1 Études de terrain

Lors de nos études de terrain, nous avons rencontré le responsable marketing de "ciao.com" en France, M. Houcine Reguida. Nous avons également consulté le fondateur et le président du site de e-commerce "Modelabs" (Distributeur d'accessoires de téléphonie mobile, 81% de livraison en France), M. Stéphane Bohbot.

Ces études de terrain nous ont permis de mieux comprendre le fonctionnement du domaine du e-commerce et d'orienter nos travaux vers les voies jugées plus intéressantes que d'autres pour les besoins de la e-recommandation dans le e-commerce. Dans le cadre de cette réflexion sur la e-recommandation, nous étions amenés à considérer cinq interrogations essentielles concernant :

- L'importance et l'apport des retours d'expériences pour les sites de e-recommandation et les sites de e-commerce,
- L'aspect multicritère dans la e-recommandation,
- L'aspect multi-acteurs dans la e-recommandation,
- L'intérêt de la prise en compte de l'incertitude,
- L'intérêt de la modélisation d'un cadre formel pour la relation entre la e-recommandation et le e-commerce.

3.4.2 Analyse des réponses obtenues

Dans la suite, nous allons analyser les réponses apportées aux cinq interrogations mentionnées ci-dessus en fonction de nos entretiens avec les experts de "ciao.com" et "Modelabs".

3.4.2.1 Importance des retours d'expériences

Le premier point abordé lors de ces réunions a été l'importance des retours d'expériences. M. Reguida a insisté sur le fait que la confiance est un enjeu majeur de la e-consommation. En effet, la qualité et l'authenticité des retours d'expériences donnés par ses membres représentent le capital de "ciao". Grâce à cet atout, "ciao" a pu mettre en place des partenariats avec des sites de e-commerce et réaliser des études de marché et assurer la veille marketing de ces sites. M. Bohbot a également mis l'accent sur l'importance des retours d'expériences qui permettent

une meilleure visibilité du fonctionnement du site. Il a toutefois soulevé le problème de la difficulté de la collecte de ces retours d'expériences due à la réticence des gens à contacter le service après vente du e-commerce concerné pour faire part de leur impression (mécontentement ou satisfaction). En effet, selon M. Bohbot, les statistiques montrent que sur 100 clients qui ont eu des problèmes, un seul est susceptible de faire un retour d'expériences, d'où l'importance de ce retour et de son analyse. Il a par ailleurs montré l'intérêt d'une structure telle que "ciao", mais il a toutefois signalé que l'information qui existe sur "ciao" n'est intéressante que si elle permet de vendre plus. En effet, être mal jugé ou mal évalué peut causer du tort au site concerné et il n'est donc pas intéressé le cas échéant par la recommandation : pour les petites entreprises qui viennent de monter leur e-commerce, il vaut mieux payer une expertise pour connaître leurs points faibles que de rentrer dans un système d'évaluation et d'afficher leurs défauts. Cela revient moins cher de payer une expertise que de réparer le tort vite répandu sur le net (bouche à oreille) et de perdre tous les investissements en communication. Il est plus intéressant de faire partie de ce système d'évaluation quand on a atteint un bon niveau.

Ces réponses nous ont conforté dans l'idée que le retour d'expériences est un concept clé dans le processus de la e-recommandation pour les e-commerce et sa prise en compte joue un rôle déterminant dans l'amélioration des performances des sites de e-commerce.

3.4.2.2 L'aspect multicritère dans la e-recommandation

Nous avons abordé dans un second temps la question d'évaluation multicritère et de stratégie d'évaluation. M. Reguida nous a indiqué que les critères d'évaluation choisis par "ciao" étaient définis à partir d'un groupe d'experts. Par ailleurs, vu que l'ensemble des évaluations proposées par "ciao" est dédié en premier lieu à ses membres, ils ont choisi de ne pas affecter de poids sur les critères et de proposer une lecture multi-dimensionnelle de l'évaluation des sites. Ce choix est lié à l'idée que chaque membre met ses priorités selon sa propre stratégie de choix : il n'existe pas de stratégie collective. Le score global affecté au site qu'il analyse n'est qu'une impression générale personnelle et ne saurait refléter autre chose que la stratégie de choix individuelle du rédacteur de la critique. Dans notre optique, d'utiliser ces bases de données pour l'évaluation des performances de l'entreprise, il en va tout autrement. On se place bien dans une stratégie d'évaluation collective dans un système de valeurs partagé (Figure 1.2). Les critères d'évaluation, pour les dirigeants d'un site, en l'occurrence dans notre cas l'équipe marketing ou benchmarking, ne jouent clairement pas des rôles symétriques. Il y a des priorités (prix versus qualité), des interactions (prix et choix de produits) aux yeux de nos experts.

Or, comme nous l'avons annoncé nous cherchons à utiliser cette riche base d'évaluations au profit des sites de e-commerce. M. Bohbot nous a indiqué que toute la valeur du système de e-recommandation doit justement être dans la définition de la stratégie d'agrégation. Il a rajouté que cette stratégie est définie selon le secteur d'activité du e-commerce (la stratégie d'un e-commerce à l'autre peut différer).

Considérons l'exemple de vente de téléviseurs. Pour une structure de vente en ligne spécialiste

dans la vente *discount*, le critère le plus important est de baisser le *prix*. Par contre, un magasin spécialisé dans les produits Hightech aura une meilleure sélection de produits et accordera plus d'importance au critère *qualité*, et par conséquent le prix sera plus élevé.

Au même titre, pour la téléphonie mobile, une organisation de type hypermarché n'aura pas la même structure en termes de service après vente que les spécialistes du domaine comme les boutiques des opérateurs téléphoniques. M. Bohbot a aussi mentionné l'exemple de la gestion des stocks qui est différente d'une entreprise à une autre. Certains e-commerces mettent en vente des produits qu'ils peuvent ne pas avoir en stock, tout ce qui les intéresse est de vendre plus (*quantité*), ce qui se traduit par un délai de livraison important compte tenu de l'indisponibilité du produit au moment de la prise de commande. D'autres, comme le cas de "Modelabs", vendent uniquement ce dont ils disposent en stock et dans un tel cas les délais de livraison sont bien évidemment plus courts (*qualité*) mais la gestion des stocks a un coût...

Certes, l'analyse multi-dimensionnelle du choix d'un site est proposée par "ciao", mais le concept d'agrégation multicritère n'y est pas introduit. Comme nous l'avons fait remarquer, cela n'a pas nécessairement de sens du point de vue du client. La seule "agrégation" qui puisse intéresser le client est la moyenne des évaluations critère par critère sur l'ensemble des critiques de la communauté. Ces moyennes arithmétiques n'ont aucune sémantique au sens de la stratégie d'entreprise, elles rendent seulement compte de l'avis moyen de la communauté critère par critère. Le score global ou comme "ciao" le distingue "*impression générale*", attribué par un membre est considéré comme un $n + 1$ ème critère.

Considérons le cas simple d'un site de e-commerce ayant eu 2 évaluations. Le premier membre lui a attribué pour le critère "sécurité des paiements" 5 barres (rectangles) entières. Le deuxième lui a accordé le score partiel de 3 barres entières. Pour l'évaluation globale de ce critère, ce site s'est donc retrouvé avec le score de $(5 + 3)/2 = 4$ barres entières. Il est procédé de même pour le score des autres critères et l'impression générale comme le montrent les figures 3.4 et 3.5.

Si l'on veut interpréter ces évaluations sous l'angle de l'analyse des performances de l'entreprise, la notion d'importance relative des critères devient alors incontournable. Il est fort à parier qu'un site commerçant accorde une plus grande priorité à sa performance estimée relative au "Délai de livraison" qu'à celle relative à la "Convivialité du site". Enfin, dans nombre de cas pratiques, les critères de décision peuvent présenter des interactions entre eux. Il faut entendre ici par interaction, l'influence que peut avoir la satisfaction simultanée ou non de critères sur la stratégie d'évaluation. En effet, on ne saurait pas dissocier le critère "choix de produits" et "Prix et conditions", si un site de e-commerce souhaite s'engager dans une stratégie de vente à l'image des grandes surfaces classiques, il ne suffit pas d'offrir une large gamme de produits pour que le client n'ait pas à aller voir ailleurs, encore faut-il les proposer à un prix compétitif pour faire de la vente de masse. L'intégrale de Choquet s'avère dans cette optique, être un opérateur d'agrégation intéressant puisqu'elle permet à la fois de prendre en compte l'importance relative et les interactions entre les critères à agréger pour définir la stratégie du e-commerce.

1 à 2 sur 2 pour "Avis"		
Trier par Avis	Trier par Evaluation du produit	Trier par Date
<p>Première commande, agréablement surpris!!! Evaluation du produit Abix.fr par mynotor Avantages: surprenant de rapidité! Inconvénients: aucun à ce jour. J'avais commandé un article sur rue du commerce, qui sur le coup m'a royalement planté (voir mon avis sur RDC) Donc je me suis rabattu sur un site que je ne connaissais pas, il faut dire aussi que l'article recherché (cable usb type mini_usb) n'est pas très répandu sur le net. Alors je l'ai commandé sur ABIX, sans trop y croire je l'avoue! Site inconnu, un seul avis sur ciao, bon bhein on se lance comme on dit!!! Sur le site, la pièce est dispo, ... Lire l'avis</p>	<p>Evaluation: ★★★★★</p> <p>Vitesse de chargement: ██████████ Convivialité du site: ██████████ Mise à jour du site: ██████████ Choix des produits: ██████████ Prix et conditions: ██████████ Informations produits: ██████████ Délais de livraison: ██████████ Service après vente: ██████████ Sécurité des paiements: ██████████</p>	14.03.2005
<p>Abix, le Site avec un gran "S" de la micro ! Evaluation du produit Abix.fr par michelserrure Avantages: rapide et choix immense Inconvénients: meconnu du publique J'ai toujours voulu me construire mon propre PC, mais je n'arrivais jamais à trouver les pieces informatiques que je desirais jusqu'au jour ou Un tres bon amis m'a dit : "Tu connais Abix.fr", il m'a conseiller vivement d'y aller et d'acheter des pieces chez eux alors je me suis empressé de taper : www.abix.fr sur mon clavier et..... C'est un site qui ma foi ne paye pas de mine car la déco est vraiment simple. En premiere page, il y a des ... Lire l'avis</p>	<p>Evaluation: ★★★★★☆</p> <p>Vitesse de chargement: ██████████ Convivialité du site: ██████████ Mise à jour du site: ██████████ Choix des produits: ██████████ Prix et conditions: ██████████ Informations produits: ██████████ Délais de livraison: ██████████ Service après vente: ██████████ Sécurité des paiements: ██████████</p>	09.11.2004

FIG. 3.4 – Évaluations des membres de ciao d’un site de e-commerce



FIG. 3.5 – Les scores moyens via la moyenne arithmétique

3.4.2.3 L’aspect multi-acteurs dans la e-recommandation

M. Reguida (responsable marketing de “ciao”) nous a indiqué que le processus de e-recommandation fait intervenir différents acteurs à valeur distincte et à différentes étapes du processus :

- Ciao.com a pour objectif d’être la source la plus complète d’intelligence commerciale sur la toile en accroissant son potentiel de cyber-consommateurs inscrits et son nombre de partenaires de e-commerces,
- Les cyber-consommateurs : ce groupe d’acteurs a des intérêts communs. En effet, l’objectif d’un cyber-consommateur est de trouver, parmi la panoplie de produits et de services proposés sur le web, celui qui lui procure le maximum de valeur. Il a donc besoin d’informations fiables, déterminantes et objectives lors de son achat. Parmi ces acteurs, certains sont des membres du site de e-recommandation. Ces membres peuvent rendre compte de

leurs expériences et évaluer les produits et les services proposés par un site de e-commerce selon un ensemble de critères,

- Les sites de e-commerce cherchent à augmenter leur vente en ligne : les évaluations collectées par “ciao” servent de base de travail afin de soutenir les responsables marketing et CRM (gestion de la relation avec le client) pour fidéliser les clients et rester compétitifs en temps réel.

Il existe ainsi deux aspects du multi-acteurs qui nous intéressent. D’une part, les acteurs intervenant s le processus décisionnel : “ciao” utilise les retours d’expériences de ses membres pour conseiller ses partenaires e-commerces ; d’autre part, l’aspect multi point de vue des clients lors de l’évaluation multicritère d’un site de e-commerce. Le premier aspect qui consiste à mettre en valeur une base de retours d’expériences des clients à des fins de management est l’essence même du modèle formel du processus d’aide à la décision que nous proposons. Le deuxième aspect du multi-acteurs, l’évaluation par un collectif, relève de la modélisation des relations. Nous avons ainsi construit, en collaboration avec M. Reguida, le graphe décrivant la relation entre les différents acteurs du processus comme illustré par la figure 3.6.



FIG. 3.6 – Les aspects multi-acteurs dans le processus de e-recommandation

3.4.2.4 L'intérêt de la prise en compte de l'incertitude

Nous avons également abordé avec nos interlocuteurs la question de l'incertitude dans les retours d'expériences. M. Reguida a évoqué le fait que parfois les membres ont du mal à concrétiser leurs expériences parce qu'ils ne parviennent pas à s'exprimer. Les deux experts ont aussi mentionné le besoin d'acquérir des outils permettant de déceler facilement la variabilité

dans l'expression d'opinions et de se rendre compte d'une éventuelle divergence dans les avis exprimés. Ceci afin d'aider les équipes en charge de l'analyse des retours d'expériences en leur donnant accès à une information plus riche que les seules tendances moyennes. L'idée est de transformer les évaluations en indicateurs de diagnostic, d'aide à la décision et au pilotage d'activités. Ce type d'outils peut être utilisé éventuellement pour définir des clusters de clients et étudier leur comportement collectif.

Les décisions du manager de site de e-commerce se prennent nécessairement en univers incertain. En effet, l'incertitude est présente sous de multiples facettes. Elle est liée aux aléas économiques et concurrentiels bien sûr, mais aussi à l'information sur laquelle se fondent les choix du manager. Aujourd'hui, aucun aspect concernant l'incertitude des avis émis n'est pris en compte, que cette incertitude soit relative à la multiplicité des acteurs ou des choix possibles, à la richesse et à la précision de l'information disponible. Comme l'avons indiqué dans le chapitre I, nous limitons notre étude à la part d'incertitude relative à l'imperfection de l'information, c'est-à-dire que nous supposons que les autres types d'incertitudes ont un moindre effet sur le processus décisionnel. Nous considérons en particulier que l'incertitude sur le modèle d'agrégation, c'est-à-dire celle relative à l'identification des paramètres de l'intégrale de Choquet, est négligeable comparée à celle inhérente aux évaluations partielles des alternatives. En effet, la stratégie collective du site de e-commerce est définie a priori par le comité de direction constitué par les responsables des différentes équipes (marketing, benchmarking, CRM, etc.) : la stratégie d'entreprise n'est donc pas un élément discutable, elle est imposée. Néanmoins sa quantification fine peut nécessiter des mécanismes d'interrogation évolués tel celui proposé par la méthode Macbeth [Bana e Costa (1992)] [Bana e Costa & Vansnick (1997)] [Bana e Costa & Changas (2004)]. Dans notre cas, un ajustement a posteriori sur des valeurs obtenues a priori par interrogation directe a permis d'obtenir des valeurs satisfaisantes pour les poids relatifs et les interactions.

L'évaluation multicritère proposée par "ciao.com" souffre de la non prise en compte de certains aspects de l'imperfection de l'information :

- **Imprécision et incomplétude des évaluations** : les scores sont donnés en langage naturel traduit par la suite en termes de barres ou d'étoiles, un exemple est donné sur la figure 3.7 concernant le critère "vitesse de chargement".

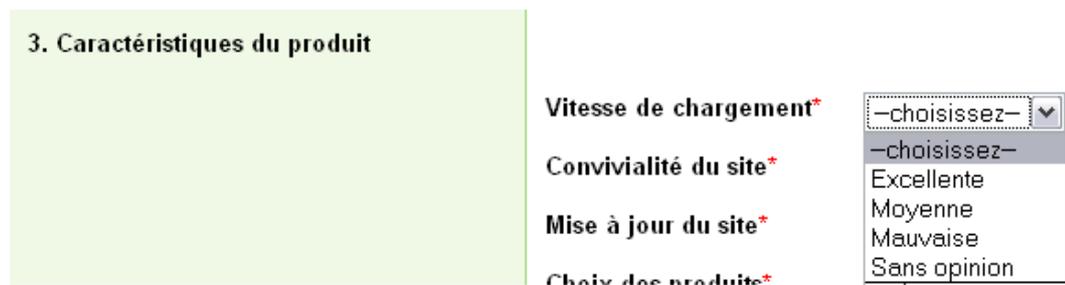


FIG. 3.7 – Évaluations en langage naturel du critère "vitesse de chargement"

Les scores des évaluations sont souvent exprimés en termes d'étoiles, d'étiquettes symbo-

liques, etc., ce qui introduit une imprécision dans l'évaluation. Lorsqu'il s'agit d'agrèger ces scores, une façon de procéder consiste à affecter des valeurs numériques aux étiquettes symboliques. Ces valeurs numériques sont imprécises et doivent être modélisées comme telles. En effet, la connaissance d'un score est généralement approximative (environ 4 étoiles et demi), comme le montre la figure 3.8.



FIG. 3.8 – Imprécision des scores des critères

L'incomplétude de l'information n'est également pas prise en compte. En effet, pour certains critères les membres évaluateurs ne donnent pas de score, soit parce qu'ils n'ont pas eu à tester ce critère ou qu'ils n'arrivent pas à émettre une opinion. Si on reprend l'exemple de la figure 3.4, on s'aperçoit que chacun des deux évaluateurs n'a pas fourni de score pour le critère "service après vente". Notons également que nous n'avons pas le même nombre d'évaluations d'un site à un autre (tableau 3.1).

TAB. 3.1 – Recueil d'évaluations de e-commerces

E-commerce	Evaluations
<i>Amazon.com</i>	575 evaluations
<i>Nomatica.com</i>	115 evaluations
<i>Dell.com</i>	46 evaluations

- **L'éventuelle divergence des opinions** : les informations proviennent d'une multitude d'acteurs pouvant entraîner une divergence des points de vue. L'utilisation de la simple moyenne arithmétique donne une idée moyenne, cependant, cette réduction de la distribution des scores (jamais un histogramme n'est fourni sur un site de e-recommandation aujourd'hui) empêche toute appréciation de l'incertitude dans l'évaluation des sites de e-commerce. De plus, cette information moyenne peut même être trompeuse puisqu'elle peut lisser la variabilité inhérente à la multiplicité des opinions des cyber-consommateurs, ce qui peut nuire à la prise de décision.

Par ailleurs, des informations récentes et d'autres moins récentes coexistent dans la même base de connaissance. Les équipes de "ciao" sont conscientes de ce problème, mais pour des raisons d'éthique et de respect pour leurs membres, ils préfèrent pour l'instant garder toutes les évaluations. Il n'y a pas aujourd'hui de facteur d'oubli lié au temps.

3.4.3 Bilan et proposition

3.4.3.1 Synthèse de l'étude de terrain

Les deux experts nous ont exprimé leurs motivations quant à l'idée de définir un cadre formel pour gérer le processus de e-recommandation. En effet, construire des indicateurs d'aide à la décision à partir des retours d'expériences des cyber-consommateurs permet à la fois :

- d'améliorer la qualité des services, il est vu comme un outil de diagnostic pouvant soutenir les responsables du e-commerce et en particulier les équipes de marketing et de benchmarking. Ils nous ont également mentionné l'intérêt de la prise en compte dans nos indicateurs de l'aspect monitoring et évolution dans le temps des retours d'expériences,
- de mieux mettre en valeur les différences par rapport aux sites concurrents, information très utile pour l'équipe commerciale d'un site de e-commerce.

Si la fréquentation du site de e-recommandation, "ciao.com", montre le rôle clé que peut jouer la e-recommandation dans le e-commerce dans un futur proche, il n'en reste pas moins que les fonctionnalités proposées aux clients reposent sur des hypothèses simplistes (critères indépendants, variabilité faible). Ainsi, au vu de l'analyse des études de terrains et en particulier l'étude des fonctionnalités de "ciao.com", nous allons apporter dans la suite de ce chapitre des éléments de solution pour améliorer les processus d'évaluation dans les sites de e-recommandation.

De façon résumée, ces améliorations s'articulent autour de trois éléments essentiels :

- l'agrégation multicritère,
- la prise en compte de l'aspect multi-acteurs,
- la prise en compte des aspects de l'imperfection de l'information.

Notre objectif peut alors se formuler de la façon suivante : pour aider un manager de site de e-commerce à analyser et améliorer son évaluation multicritère et le score qui lui a été octroyé sur un site de e-recommandation, nous proposons de formaliser la relation entre un site de e-commerce et un site de e-recommandation sous l'angle de l'agrégation multicritère en univers incertain. Dans cette optique, le site de e-commerce est assimilé à une entreprise qui chercherait à optimiser ses performances au vu des indicateurs résultant de l'évaluation collective et multicritère recueillie par le site d'e-recommandation.

3.4.3.2 Notre formalisation de la relation sites de e-commerce/ e-recommandation

Comme nous l'avons déjà énoncé, nous voulons modéliser un processus d'aide à la décision pour soutenir les responsables marketings et benchmarking d'un site de e-commerce et ce en se basant sur les informations fournies par le site de recommandation ciao.com. Ce processus est défini à partir du modèle de processus d'aide à la décision présenté dans les deux premiers chapitres, et est rappelé sur la figure 3.9. Ce modèle, comme nous l'avons vu, se présente selon trois phases. Dans le contexte de notre application, la première phase, étape de collecte et de mise en forme des informations, consiste à recueillir l'ensemble des évaluations disponibles sur "ciao" pour un site de e-commerce donné et de les mettre sous la forme de distributions de possibilité. La seconde phase, l'étape d'exploitation des informations recueillies, permettra de

fournir des indicateurs de diagnostic et de pilotage aux équipes de e-commerce. Finalement, l'étape de communication et de diffusion des données, consiste à fournir aux décideurs des outils pour les aider à faire un choix stratégique ou à le justifier. Cela consiste à restituer une information compatible avec les modes de représentation et de raisonnement des équipes de marketing et de benchmarking d'un site de e-commerce. Nous verrons dans la suite de ce chapitre comment ces différentes phases doivent être mises en place concrètement.

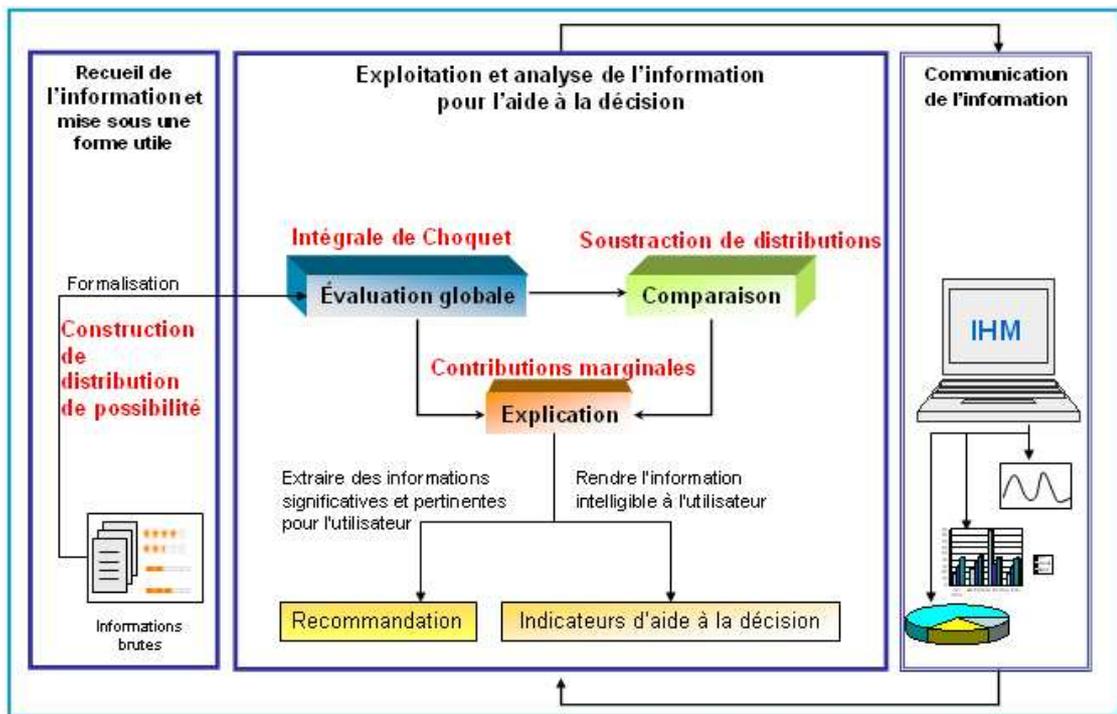


FIG. 3.9 – Modèle de processus adopté

Nous proposons de conserver la multiplicité des points de vues (avis des membres de "ciao") afin d'apprécier la dispersion des opinions dans l'évaluation des sites de e-commerce. Pour cela, plutôt que de calculer la valeur moyenne des scores attribués par les cyber-consommateurs à un site, nous proposons de conserver la distribution des opinions et de l'utiliser comme telle dans l'évaluation globale du site de e-commerce.

Afin de remédier à ces problèmes d'incertitude, nous avons opté pour une représentation possibiliste des scores. Les distributions de possibilité des évaluations des clients permettent de prendre en compte l'intégralité de l'information contenue dans les évaluations des clients pour le processus décisionnel. Nous avons par ailleurs mentionné dans le premier chapitre l'intérêt d'une représentation possibiliste par rapport à une représentation probabiliste. En effet, dans de nombreux cas, il existe peu d'évaluations disponibles pour un site donné (Figure 3.3) par conséquent l'identification d'une distribution de probabilité spécifique (gaussienne, triangulaire, uniforme, ...) n'est pas toujours possible. De plus, l'imprécision des évaluations qui peut aller

jusqu'à l'ignorance rend le modèle possibiliste plus adapté.

Pour quantifier les aspects d'imprécision, d'incomplétude et de divergence, etc, nous allons utiliser les indicateurs de description de distributions de possibilité définis dans le chapitre II. Pour agréger ces distributions de possibilité relatives aux critères d'entrée, nous utilisons l'intégrale de Choquet, dont l'utilité et l'intérêt ont été discutés précédemment. La recommandation prend la forme d'une explication liée à la contribution de chacun des critères à l'évaluation globale.

3.5 Description du support d'aide à la décision réalisé : Feedbacks Based Recommendation System : FBRS

3.5.1 Présentation et fonctionnalités. Modèle UML du FBRS

Comme nous l'avons exposés dans les sections précédentes, les retours d'expériences (feedbacks) des consommateurs par rapport à leur satisfaction vis à vis d'un produit ou d'un service constituent un concept clé dans les activités du e-commerce. La base de données fournie en ligne par "ciao", riche des évaluations de ses membres, constitue dans ce sens une mine d'or pour analyser la performance absolue et relative d'un site de e-commerce. C'est à partir de cette base que nous allons construire la base de données propre à notre support interactif d'aide à la décision (SIAD). Nous avons mis en place un prototype de SIAD dédié à la gestion et au traitement des évaluations multicritères des sites de e-commerce. Ce support offre aux équipes de marketing et de benchmarking d'un site de e-commerce des fonctionnalités de diagnostic, de pilotage et de monitoring sur la base des évaluations. Ces fonctionnalités s'appuient sur les notions d'explication et de recommandation de choix. Nous avons choisi d'appeler notre support d'aide à la décision : Feedbacks based recommendation System (FBRS). Le FBRS s'affiche comme un outil attractif pour les responsables de e-commerce qui veulent optimiser leurs offres et services et mieux se situer par rapport à leurs concurrents.

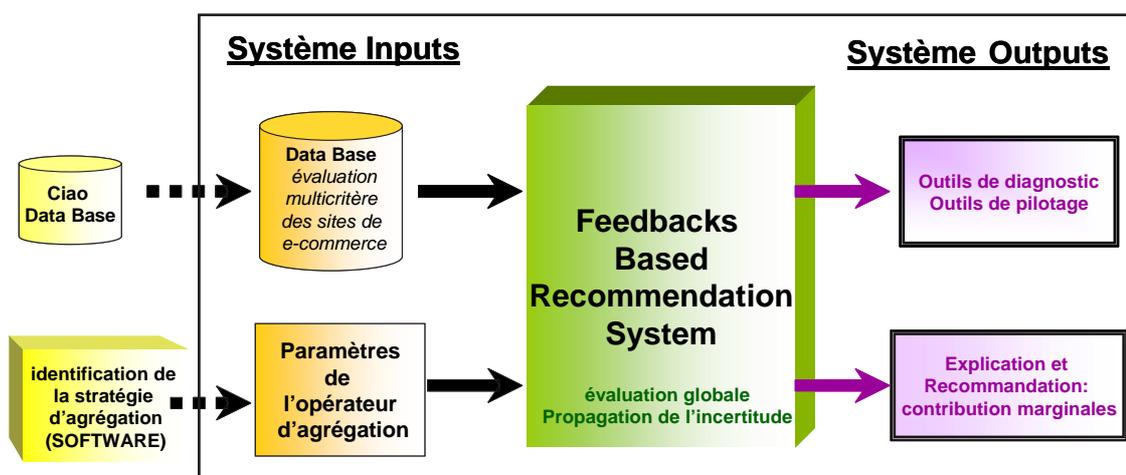


FIG. 3.10 – Feedbacks Based Recommendation System : FBRS

Le diagramme de classe simplifié relatif à ce support d'aide à la décision est donné sur la

figure 3.11.

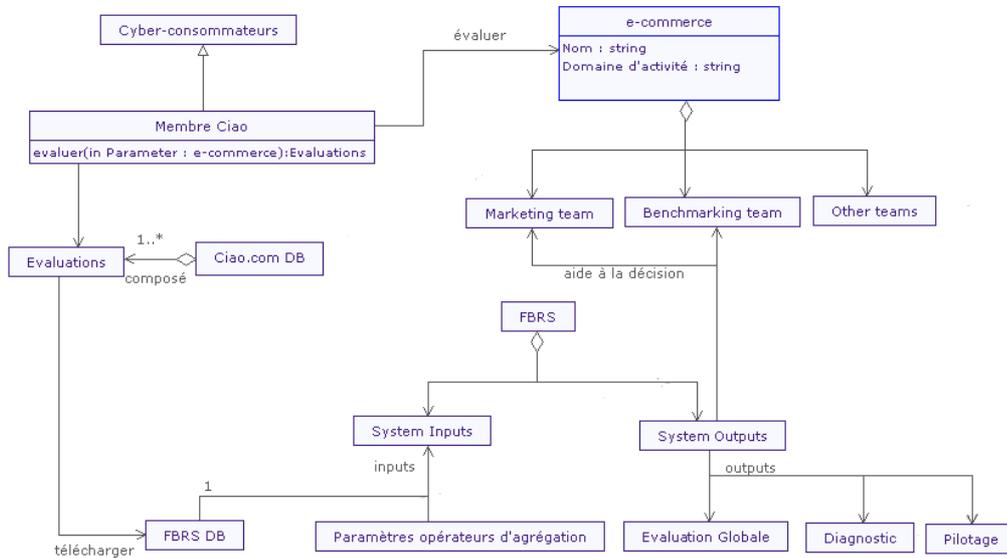


FIG. 3.11 – Modèle UML du FBRs : diagramme de classe

3.5.2 Système Inputs

3.5.2.1 Paramètres de l'opérateur d'agrégation

L'identification des paramètres de l'opérateur d'agrégation n'a pas fait l'objet d'une étude approfondie. Comme indiqué précédemment, une interrogation directe des experts suivie d'un ajustement a posteriori des valeurs des paramètres d'importance relative et d'interactions a permis une modélisation satisfaisante de la stratégie d'agrégation. Un exemple de jeu de paramètres utilisé par la suite pour illustrer nos propositions est donné sur la figure 3.12.

Nous considérons que deux orientations majeures sont possibles pour un site de e-commerce. Soit on choisit de pratiquer une politique de prix bas sur un large éventail de produits, le e-commerce cherche alors une stratégie de *quantité*. Soit, le e-commerce préfère opter pour la *qualité* de service. Dans la première comme dans la deuxième orientation, on veille à l'information des clients qui est le fondement de la vente sur le net. Le bon fonctionnement de la stratégie sera jugé par les clients. Les critères qui caractérisent ces stratégies sont donc :

- *Informations* : ce critère comprend l'information sur les produits, la sécurité de paiement, la mise à jour du site, le suivi de commande, etc, en un mot tout ce dont un consommateur a besoin pour faire un achat sur Internet, c'est ce qui explique son importance relative intrinsèque importante ($\nu_1 = 0.3$). De plus, comme il est important dans les deux orientations (quantité et qualité), il a une forte interaction avec les critères distinctifs de chaque orientation : le prix (c_2) pour la quantité ($I_{12} = 0.2$) et le délai de livraison (c_3) pour la qualité ($I_{13} = 0.3$).
- *Prix* : il correspond à la fourchette de prix proposée par un site de e-commerce, ce critère

est important dans l'orientation quantité, son poids a été fixé à $\nu_2 = 0.275$.

- *Délai de livraison* : ce critère va traduire la satisfaction des clients par rapport au délai de réception de leurs marchandises, ce critère est important dans l'orientation qualité, son poids est de $\nu_3 = 0.225$. Par ailleurs, un site de e-commerce va chercher à satisfaire ses clients selon l'une ou l'autre des orientations. Ceci se traduit par une interaction négative entre les critères distinctifs de chaque orientation, c'est-à-dire la satisfaction de l'un ou l'autre est suffisante et coïncide avec l'une ou l'autre des stratégies quantité ou qualité ($I_{23} = -0.05$). Bien sûr, un site qui parviendrait à concilier de bonnes performances sur les deux critères ne serait pas pénalisé pour autant,
- *Service après vente (SAV)* : ce critère doit permettre de regagner la confiance et par la suite la satisfaction des clients quant à la façon dont été résolus leurs problèmes, il a un poids de $\nu_4 = 0.1$. Il vient en complément du critère "Délai de livraison" pour une stratégie qualité cohérente ($I_{34} = 0.05$).
- *Choix de produits* : il reflète la diversité des produits proposés par un site de e-commerce donné. Il intervient à moindre importance, après l'information et le prix, dans la stratégie quantité, son poids est de $\nu_5 = 0.1$. Sa satisfaction simultanée avec le prix est nécessaire pour avoir une stratégie quantité cohérente, ce qui explique l'interaction positive ($I_{25} = 0.04$).

:. LES CRITERES-POIDS-INTERACTIONS.:

5 critères sont enregistrés dans la base de donnée

Informations ▲

Prix ▼

Délai de livraison

Matrice d'interactions

Poids des critères

Matrice d'interactions

Critère	Nom	Poids
Critère 1	Informations	0.3
Critère 2	Prix	0.275
Critère 3	Délai de livraison	0.225
Critère 4	Service après vente	0.1
Critère 5	Choix des produits	0.1

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0	0.2	0.3	0	0
C2	0.2	0	-0.05	0	0.04
C3	0.3	-0.05	0	0.05	0
C4	0	0	0.05	0	0
C5	0	0.04	0	0	0

Fermer

NOUVEAU
ENREGISTRER
MODIFIER
SUPPRIMER
PURGER LA BD

FIG. 3.12 – Entrée des paramètres de l'intégrale de Choquet

Le tableau 3.2 donne quelques valeurs possibles des $\Delta\mu$ qui peuvent être prises par chacun des critères pour différentes combinaison d'ordre (Eq. 2.16). Nous pouvons remarquer que le poids d'un critère peut varier assez fortement suivant l'ordre des évaluations partielles.

TAB. 3.2 – Quelques valeurs des $\Delta\mu$ possibles pour les différents critères

	$\Delta\mu_1$	$\Delta\mu_2$	$\Delta\mu_3$	$\Delta\mu_4$	$\Delta\mu_5$
$c_3 > c_4 > c_5 > c_2 > c_1$	0.05	0.38	0.375	0.075	0.12
$c_2 > c_5 > c_4 > c_1 > c_3$	0.35	0.37	0.075	0.125	0.08
$c_5 > c_1 > c_4 > c_2 > c_3$	0.55	0.13	0.075	0.125	0.12
$c_5 > c_3 > c_1 > c_4 > c_2$	0.25	0.18	0.375	0.075	0.12
$c_4 > c_3 > c_2 > c_1 > c_5$	0.05	0.42	0.325	0.125	0.08

3.5.2.2 Traitement des données du FBRS

La base de données recueillie par “ciao” constitue l'élément de départ pour la construction de la base de données relative à notre FBRS (BD_{FBRS}). On a vu que les évaluations proposées par “ciao” varient de 0 à 5 étoiles (resp. barres rectangulaires). La granularité de l'échelle de notation est le quart d'étoile (resp. barre). Reste le problème délicat de la traduction en termes d'intervalles sur l'échelle $[0, 20]$ de ces étoiles/barres. La sensibilité des évaluations étant comprise entre un quart d'étoile et une étoile suivant les cas et les échelles de satisfaction des différents utilisateurs n'étant pas “calibrées” (et donc pas complètement commensurables), nous avons choisi de modéliser les étoiles/barres par des intervalles de valeurs qui se recoupent comme indiqué sur le tableau 3.3. Par exemple, à un score de 2.25 barres, on considère que l'on peut associer indifféremment une valeur numérique de 5 à 9 suivant l'échelle de valeur du cyber-consommateur. Cet ensemble d'intervalles qui se recoupent est ensuite approximé par une distribution de possibilité selon une méthode développée par [Dubois & Prade (1988b)] (cf. annexe A) et précédemment appliquée à un problème d'évaluation de qualité de découpe de ski [Mauris *et al.* (2000)]. Considérons le cas du site de e-commerce “Pricemagic” ayant obtenu 120 évaluations selon les critères Prix, Choix de Produits, Délai de livraison, Service après vente et Informations. Nous illustrons ci-après les distributions obtenues ainsi que leur approximation par des distributions trapézoïdales.

La distribution relative au critère “Délai de livraison” est donnée sur la figure 3.13. Cette distribution montre que les clients sont plutôt satisfaits du délai de livraison de leurs achats.

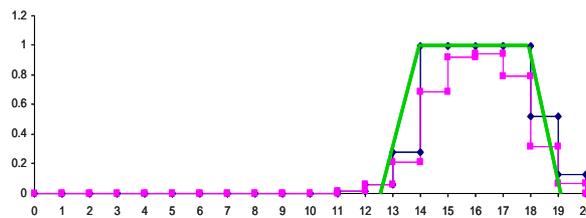


FIG. 3.13 – Distribution des évaluations du site “Pricemagic” selon le critère “Délai de livraison”

TAB. 3.3 – Famille d’intervalles

étoiles/barres	intervalles
0.25	0-1
0.5	0-1-2
0.75	0-1-2-3
1	0-1-2-3-4
1.25	1-2-3-4-5
1.5	2-3-4-5-6
1.75	3-4-5-6-7
2	4-5-6-7-8
2.25	5-6-7-8-9
2.5	6-7-8-9-10
2.75	7-8-9-10-11
3	8-9-10-11-12
3.25	9-10-11-12-13
3.5	10-11-12-13-14
3.75	11-12-13-14-15
4	12-13-14-15-16
4.25	13-14-15-16-17
4.5	14-15-16-17-18
4.75	15-16-17-18-19
5	16-17-18-19-20
Sans opinion	0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20

Toutefois, la distribution de la figure 3.14 traduit une insatisfaction des cyber-consommateurs quant aux prix pratiqués par “Pricemagic”.

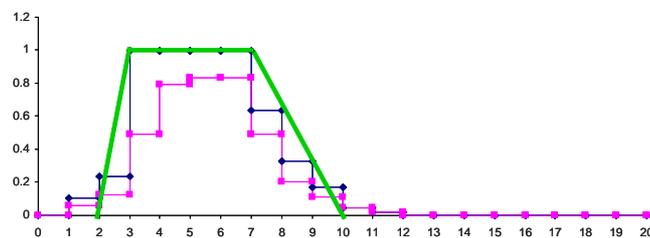


FIG. 3.14 – Distribution des évaluations du site “Pricemagic” selon le critère “Prix”

L’ensemble des distributions approximant la satisfaction des clients selon l’ensemble des critères est donnée sur la figure 3.15.

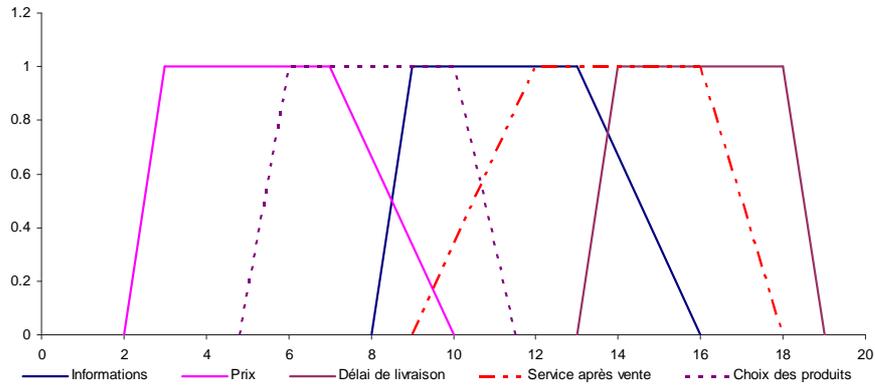


FIG. 3.15 – Distributions de possibilité pour “Pricemagic”

Au vu de ces résultats, il semblerait qu’en toute logique, “Pricemagic” ait opté pour une stratégie qualité plutôt que quantité.

Dans certains cas, l’évaluation d’un site de e-commerce selon un critère donné peut présenter de la bimodalité, tel est le cas de l’évaluation de “GoodDelly.com” selon le critère “Prix” (Figure 3.16). En effet, ce site offre des prix très compétitifs sur les CDs et les DVDs, mais pas sur la gamme des produits électroniques. Cette pratique explique les modes de la distribution de la figure 3.16.

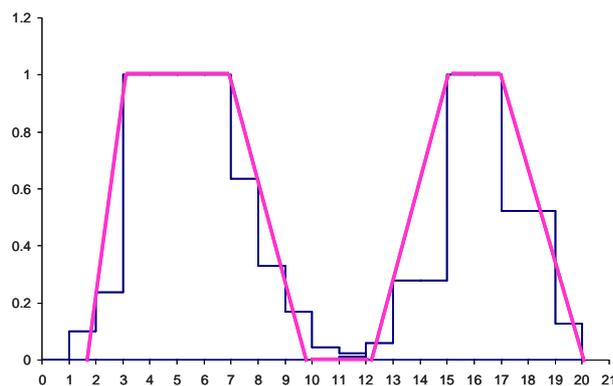


FIG. 3.16 – Distribution de possibilité bimodale pour le critère “Prix” pour le site “GoodDelly.com”

Notons toutefois, que le méthode retenue pour la construction des distributions de possibilité bimodales, consiste à traiter les modes séparément. Ce qui aboutit à deux modes normalisés ($\pi_{max} = 1$), même si le nombre d’évaluations correspondant à chaque mode est différent.

3.5.3 Système Outputs

3.5.3.1 L'évaluation globale

Nous allons maintenant nous intéresser à la fonctionnalité réalisée par le cœur du système, l'évaluation globale, c'est-à-dire la propagation des distributions relatives aux critères d'entrée par l'intégrale de Choquet qui modélise la stratégie des e-commerces par les paramètres de la figure 3.12.

L'évaluation globale d'un site de e-commerce correspond à la propagation par l'intégrale de Choquet des distributions de possibilité construites à partir de l'ensemble des évaluations des clients.

Considérons dans un premier temps le cas du site de e-commerce "Dellia.com". Ce site a adopté l'orientation "qualité". On observe ainsi, que les clients sont satisfaits du délai de livraison et du service après vente, mais pas du prix et du choix de produits proposés (Figure 3.17). "Dellia.com" a donc bien des résultats cohérents avec sa politique commerciale. L'indicateur de position relatif à la distribution agrégée de "Dellia.com" vaut 10.98.

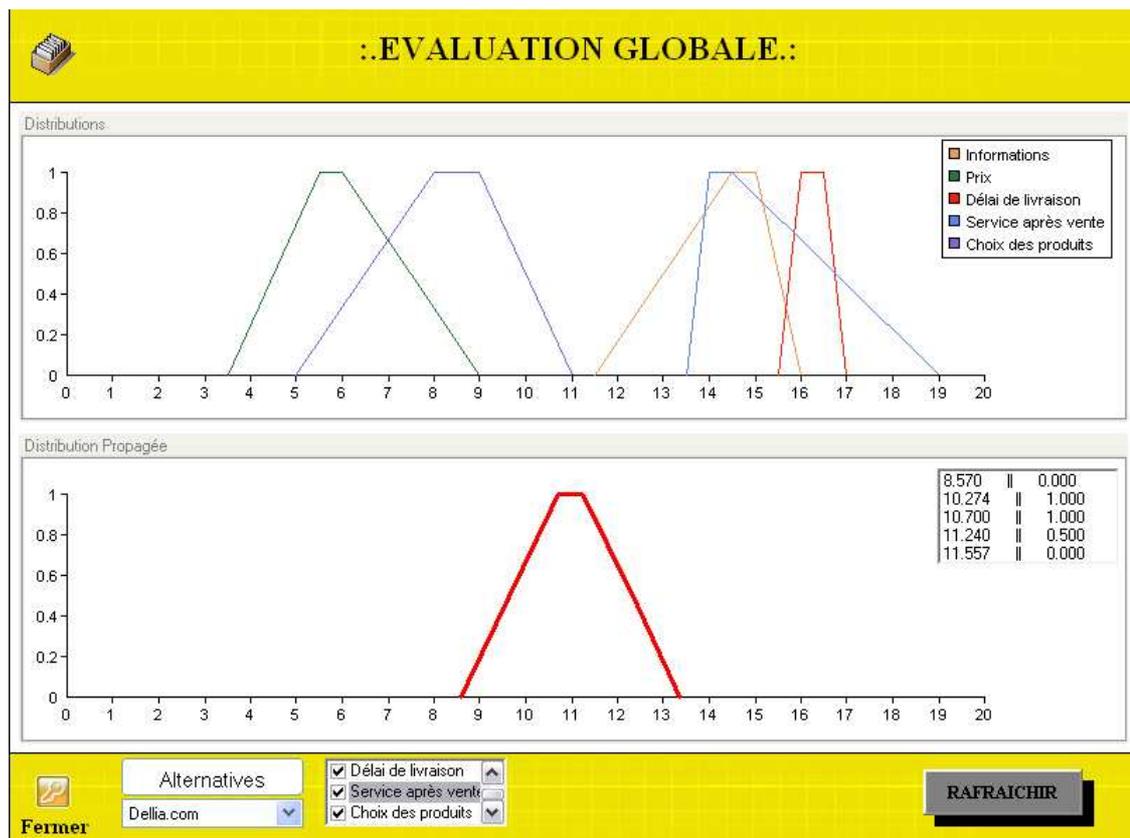


FIG. 3.17 – Évaluation globale de "Dellia.com"

Pour mieux appréhender l'apport d'une intégrale de Choquet pour modéliser la stratégie d'un e-commerce, supposons nulles les interactions entre les critères. La comparaison de la

distribution agrégée obtenue par l'intégrale de Choquet avec celle obtenue par la moyenne pondérée associée (les ν_i restent les mêmes et $\forall i, j \quad I_{ij} = 0$) est donnée sur la figure 3.18. L'indicateur de position relatif à la distribution agrégée obtenue par la moyenne pondérée est égal à 11.93. On a donc une différence de $11.93 - 10.98 = 0.95$.

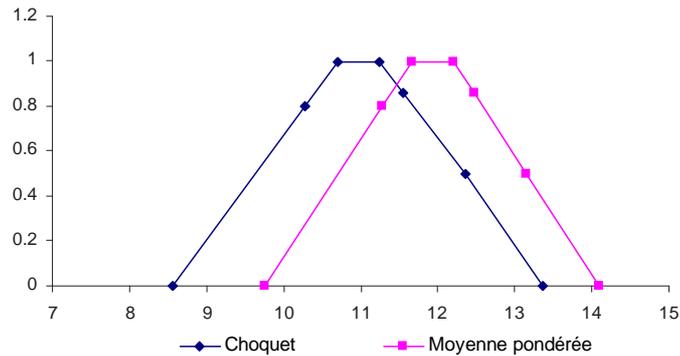


FIG. 3.18 – Comparaison de l'évaluation globale obtenue par Choquet et celle par la moyenne pondérée pour "Dellia.com"

Considérons maintenant le cas de "Nomatix.com". Cet e-commerce a choisi de miser sur le prix et le choix de produits au dépend de la qualité de service. Il a donc opté pour une politique type "quantité". Son évaluation globale, définie à partir de la propagation par l'intégrale de Choquet des satisfactions de ses clients sur les différents critères est donnée sur la figure 3.19, l'indicateur de position de la distribution agrégée vaut 11.38.

On voit bien sur cette figure que les clients sont plutôt satisfaits du prix, du choix des produits et de l'information disponible. Ils sont néanmoins, mécontents du délai de livraison et du service après vente.

Là encore, les résultats sont cohérents avec la politique du site. "Nomatix.com" cherche, contrairement à "Dellia.com", à satisfaire une catégorie de clients qui préfèrent acheter peu cher quitte à attendre plus longtemps pour être livrés.

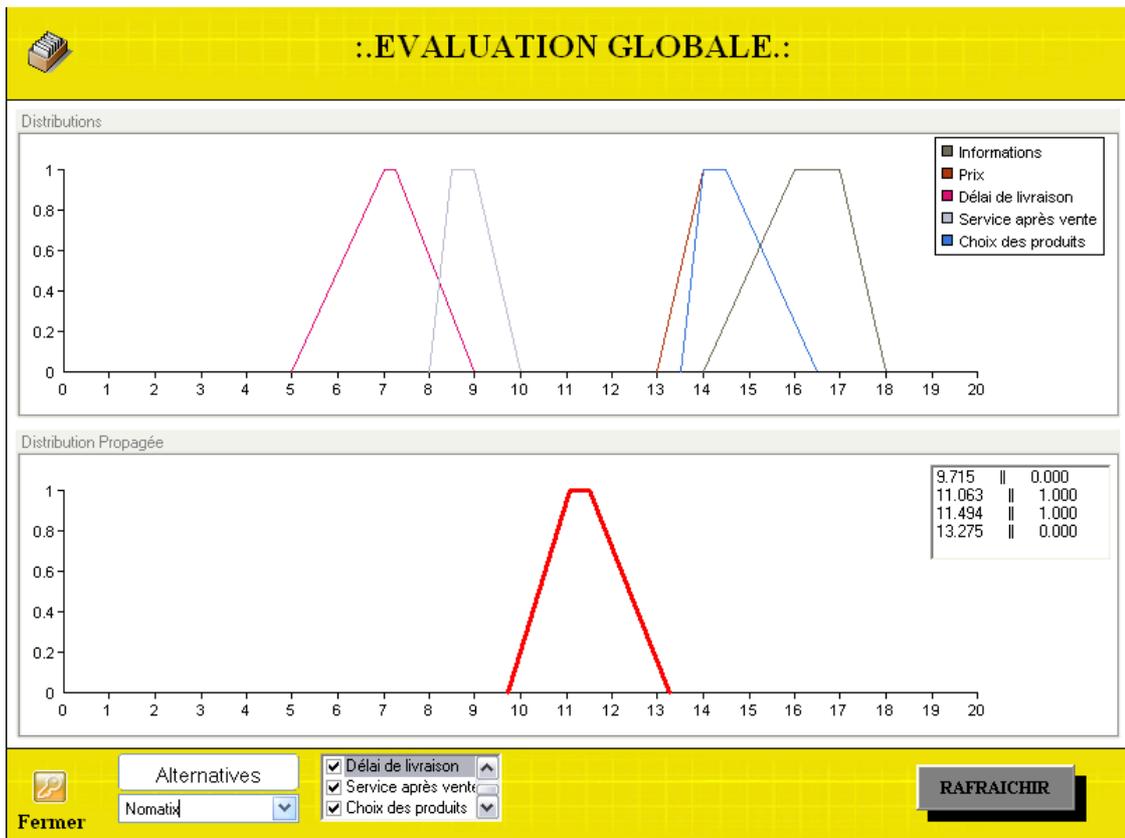


FIG. 3.19 – Évaluation globale de “Nomatix.com”

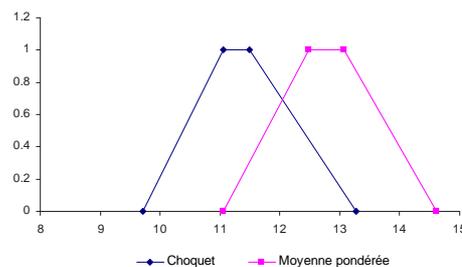


FIG. 3.20 – Comparaison de l’évaluation globale obtenue par Choquet et celle par la moyenne pondérée pour “Nomatix.com”

Considérons maintenant le cas d’un site de e-commerce qui dispose de moyens conséquents et qui a tout mis en œuvre pour que ses clients soient satisfaits sur toutes les dimensions. Il s’agit de “Pixmanion.com”. Les distributions relatives à son évaluation selon l’ensemble des critères et à son évaluation globale sont données sur la figure 3.21. L’indicateur de position de la distribution agrégée vaut 14.16. La comparaison de cette dernière avec celle obtenue via la moyenne pondérée est illustrée sur la figure 3.22, son indicateur de position est égal à 14.92,

c'est-à-dire une différence de 0.76 avec l'agrégée par Choquet. L'écart entre le résultat obtenu par la moyenne pondérée et celui par l'intégrale de Choquet est moins conséquent ("Nomatix.com" ~ 1.4 et "Dellia.com" ~ 1). En effet, on peut considérer que "Pixmanion.com" a de bons résultats selon toutes les perspectives d'analyse, plus le profil des performances est homogène, moins l'impact des interactions se fait sentir (cf. Eq 2.14 chapitre II).

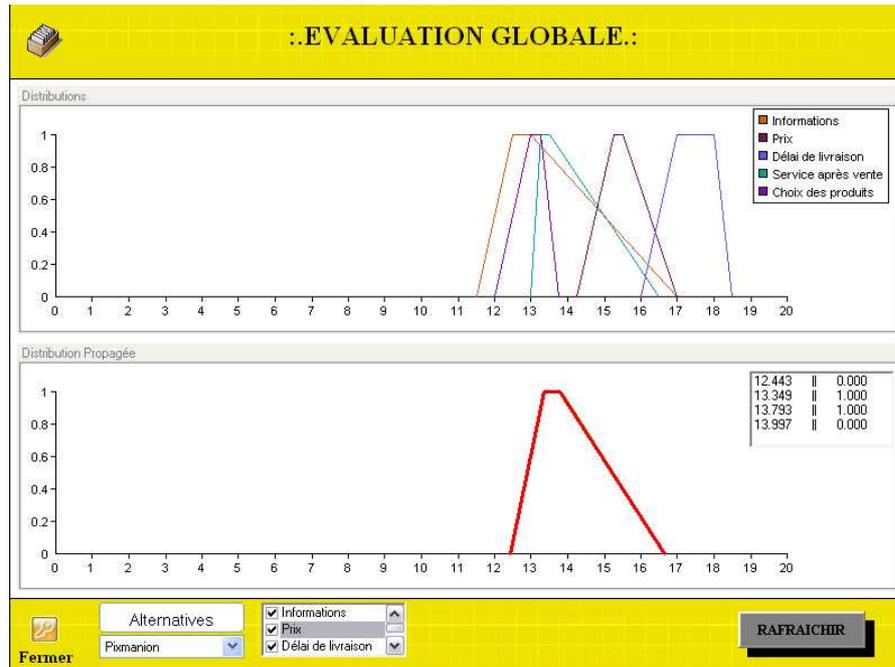


FIG. 3.21 – Évaluation globale de “Pixmanion.com”

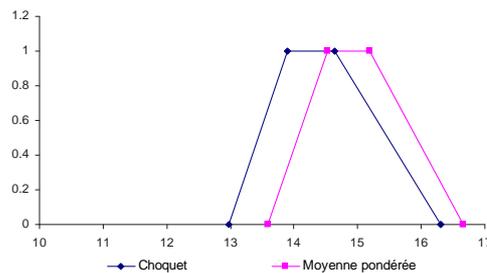


FIG. 3.22 – Comparaison de l'évaluation globale obtenue par Choquet et celle par la moyenne pondérée pour “Pixmanion.com”

Examinons à présent le cas de “Amazonia.com”, une entreprise qui vient de se lancer dans l'univers du e-commerce. “Amazonia.com” a été bien évaluée pour le critère “Information”, elle a bien compris la vocation d'un site de e-commerce. Cependant, “Amazonia.com” n'en a pas encore bien assimilé les enjeux. En effet, elle a misé sur “le choix de produit” et le “service

après vente”, elle ne suit ainsi aucune orientation stratégique cohérente au sens où nous l’avons définie, c’est ce qui explique son mauvais score global. En effet, l’indicateur de position relatif à la distribution agrégée vaut 6.58.

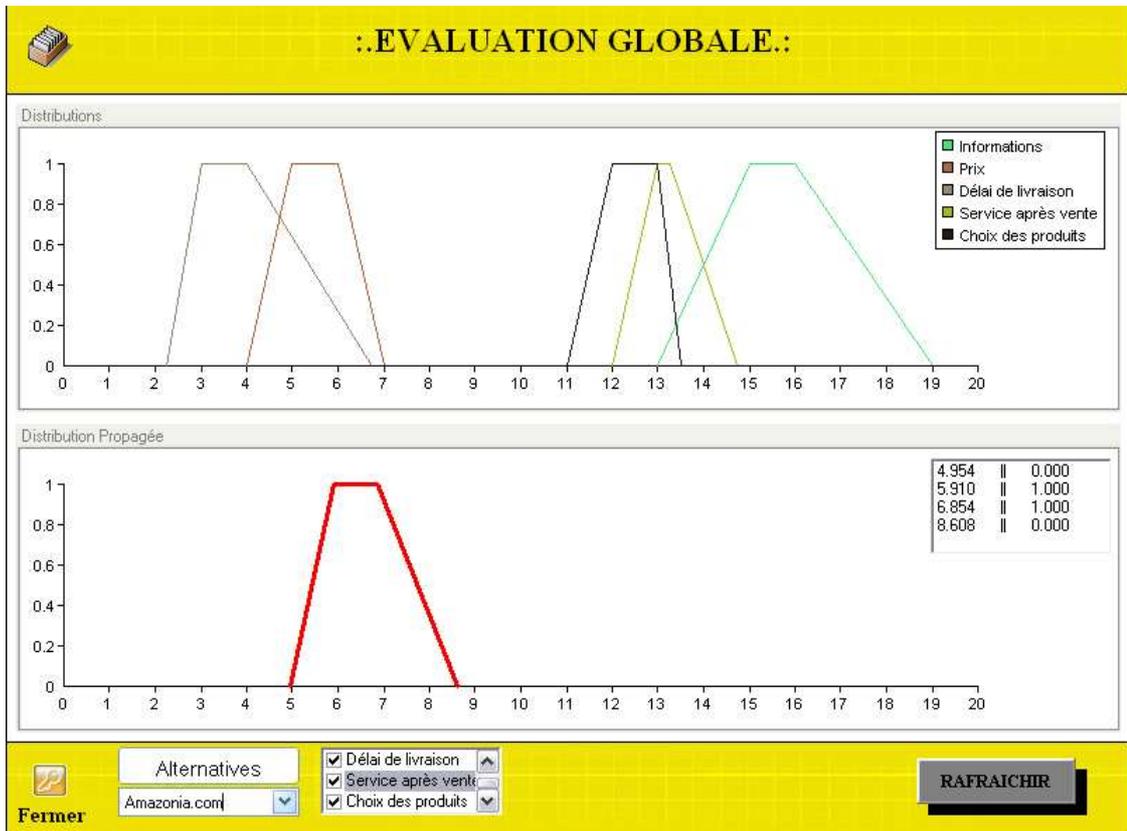


FIG. 3.23 – Évaluation globale de “Amazonia.com”

Par ailleurs, la comparaison de son évaluation globale obtenue par l’intégrale de Choquet avec celle obtenue par la moyenne pondérée reflète cette incohérence de développement (Figure 3.24). L’indicateur de position de la distribution agrégée par la moyenne pondérée est égal à 9.70. Ce qui nous fait une différence de l’ordre de $9.70 - 6.58 = 3.11$. “Amazonia.com” est fortement pénalisée par le fait que, aussi bien dans une politique de “qualité” ou de “quantité”, une satisfaction simultanée des critères qui vont de paire (“Prix” et “Choix de produits” ou “Délai de livraison” et “Service après vente” est préférée par le décideur.

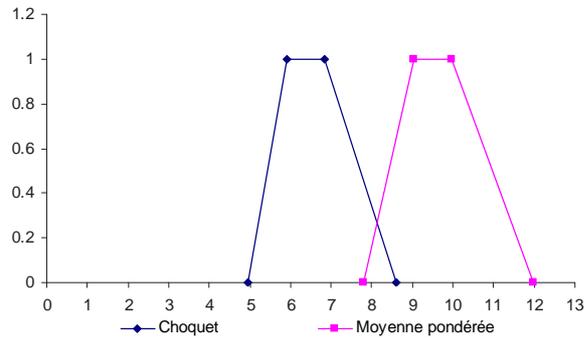


FIG. 3.24 – Comparaison de l'évaluation globale obtenue par Choquet et celle par la moyenne pondérée pour "Amazonia.com"

Enfin, considérons le cas de deux sites qui n'ont pas su vraiment trancher entre les deux orientations possibles. Le premier, "Fac.com", est bon selon le critère "Prix" (le critère leader dans l'orientation quantité) et le critère "SAV". Il est moyen en information avec un mauvais délai de livraison et un mauvais choix de produits (Figure 3.25). L'indicateur de position relatif à son évaluation globale vaut 8.72.

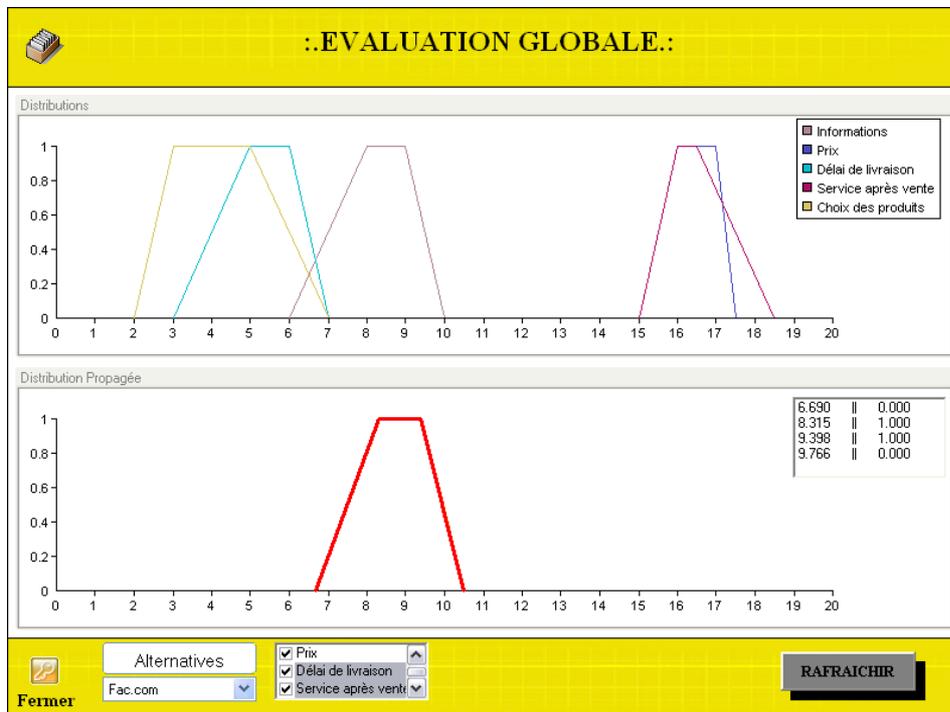


FIG. 3.25 – Évaluation globale de "Fac.com"

Le deuxième site est "Fourmix.com", ce site a obtenu de bonnes évaluations selon les critères "Délai de livraison" (leader de l'orientation qualité) et "Choix de produits". La qualité de sa po-

litique d’“informations”, de “prix” et de “service après vente” laisse par contre à désirer (Figure 3.26). L’indicateur de position relatif à son évaluation globale est de 8.30.

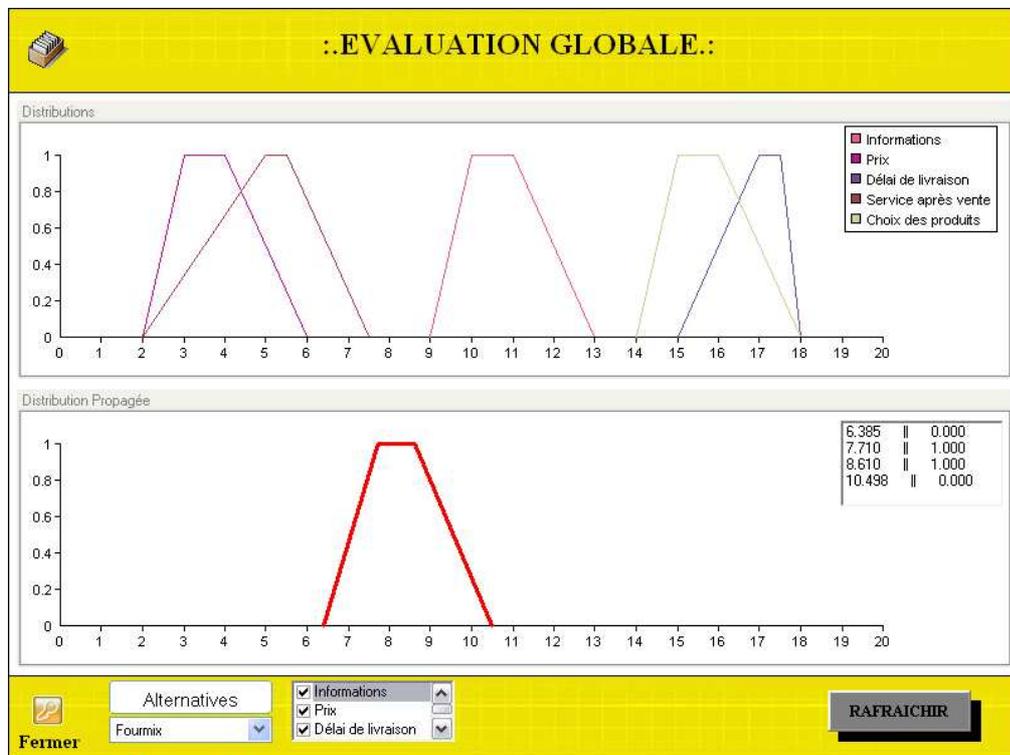


FIG. 3.26 – Évaluation globale de “Fourmix.com”

En résumé, sur ces exemples où les distributions ont des formes semblables, les indicateurs de la distribution agrégée permettent de quantifier et donc de distinguer les différentes évaluations globales.

Pour conclure sur la partie concernant l’évaluation globale, considérons le cas d’un site de e-commerce présentant une bimodalité sur certains critères d’entrée. Il s’agit de “MisterPrice.com”. Les clients de cet e-commerce sont en désaccord sur les critères “Prix” et “SAV” (Figures 3.27 et 3.28). En effet, les clients experts de “MisterPrice.com” se trouvent mécontents du rapport prix/caractéristiques des produits informatiques (l’indicateur de position relatif au premier mode de la distribution du critère “information” est 3.37) alors que les clients non experts trouvent les prix intéressants (l’indicateur de position relatif au deuxième mode de la distribution du critère “Prix” est 14.25). Par ailleurs, il semblerait que la qualité du “SAV” soit fonction des articles concernés, ce qui explique cette divergence de points de vue (les indicateurs de position relatifs au premier et au deuxième mode de la distribution du critère “SAV” sont respectivement 4.25 et 18.25).

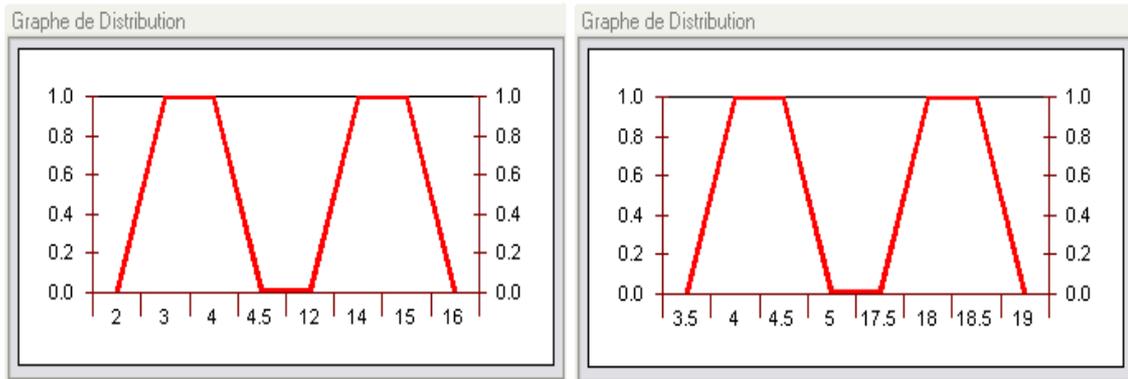


FIG. 3.27 – Distribution de possibilité du critère “Prix” pour le site “MisterPrice.com”

FIG. 3.28 – Distribution de possibilité du critère “SAV” pour le site “MisterPrice.com”

La distribution de possibilité relative à l'évaluation globale par l'intégrale de Choquet est illustrée par la figure 3.29.

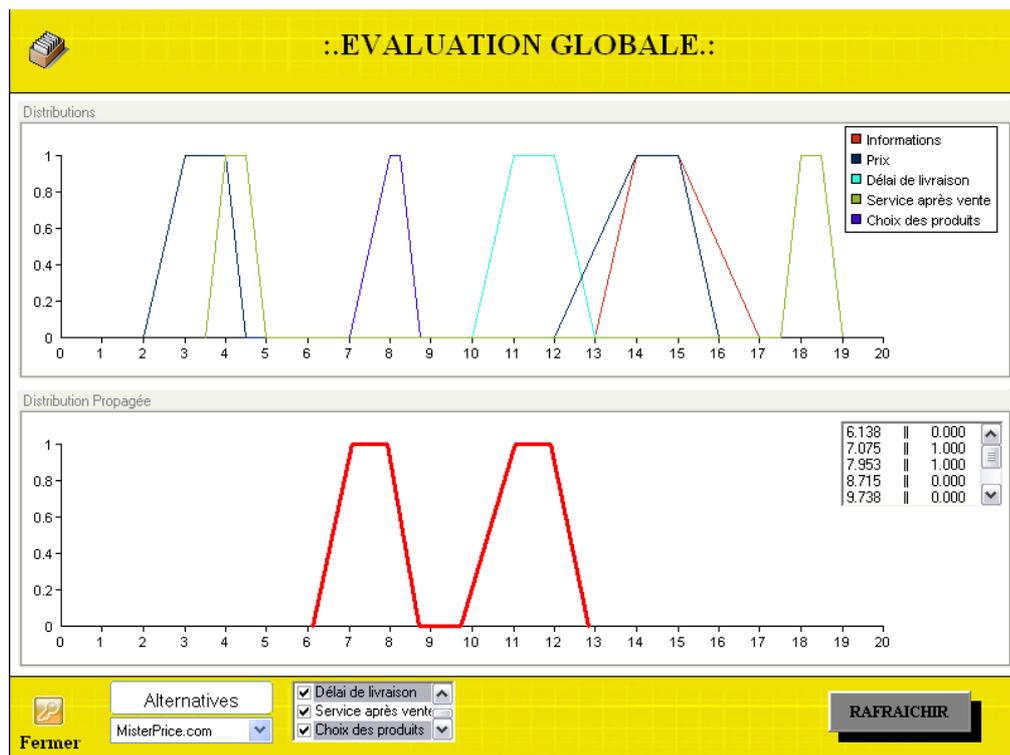


FIG. 3.29 – Évaluation globale de “MisterPrice.com”

On constate que la divergence observée sur les critères “SAV” et “Prix” a impliqué une divergence à la sortie sur le score global de “MisterPrice.com”. Les indicateurs de position relatifs au premier et au deuxième mode de la distribution agrégée de “MisterPrice.com” sont respectivement 7.47 et 11.38.

3.5.3.2 Indicateurs de marketing et de benchmarking : diagnostic et pilotage

Reprenons plus quantitativement les résultats obtenus dans la section précédente. Considérons dans un premier temps le point de vue indicateur de position. Nous avons vu que l'indicateur de position relatif à l'évaluation globale par Choquet de "Nomatix.com" valait 11.38. Les indicateurs de position relatifs aux distributions de satisfaction des clients critère par critère sont donnés sur la figure 3.30 et les contributions marginales des critères à cet indicateur sont données sur la figure 3.31.

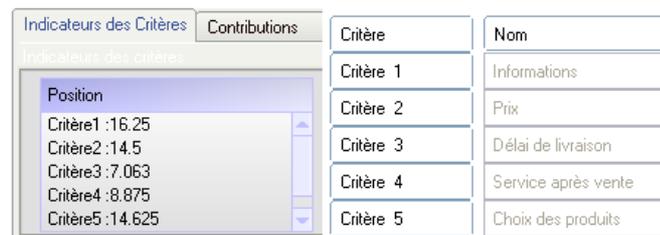


FIG. 3.30 – Indicateurs de position des critères pour "Nomatix.com"

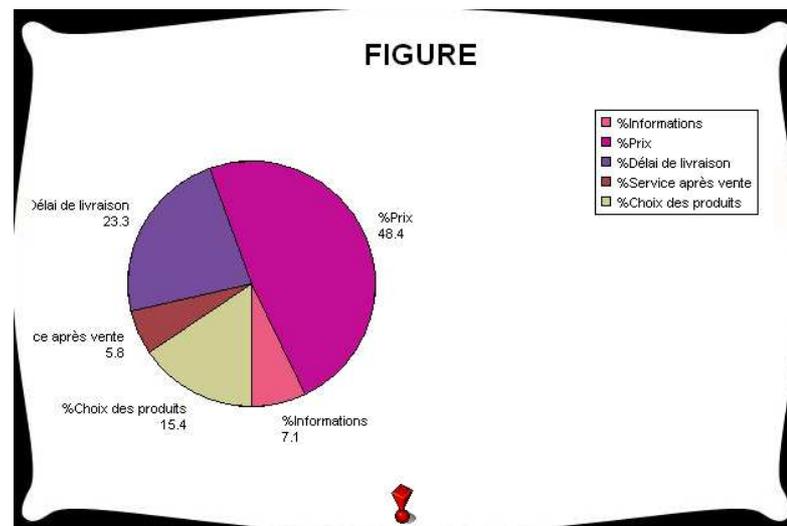


FIG. 3.31 – Contributions des critères à l'indicateur de position pour "Nomatix.com"

La contribution la plus importante revient au critère "Prix" (48.4%) suivie de celle de délai de livraison (23.3%). Rappelons que "Nomatix" suit l'orientation quantité. Ainsi, malgré ses scores élevés en "information" et "choix de produits" et son faible score obtenu en "délai de livraison" ($MD = 7.06$), c'est ce dernier qui a néanmoins le plus contribué au score global après le prix bien sûr. Ce résultat n'est pas très intuitif et seul le détail des calculs peut permettre de comprendre le phénomène. En fait, le profil des performances de "Nomatix" est tel que dans le simplex $c_1 > c_5 > c_2 > c_4 > c_3$, le poids local $\Delta\mu_3$ du "délai de livraison" s'élève à 0.375 alors que pour "informations" $\Delta\mu_1 = 0.05$ et $\Delta\mu_5 = 0.12$ pour le "choix de produits"! Par

conséquent, dans cette zone de l'espace d'évaluation, les critères "informations" et "choix de produits" sur lesquels "Nomatix" a beaucoup misé ne génèrent pas une grosse valeur ajoutée.

Si on avait considéré les contributions du point de vue de la moyenne pondérée on aurait obtenu. On a des résultats plus intuitifs (Figure 3.32).

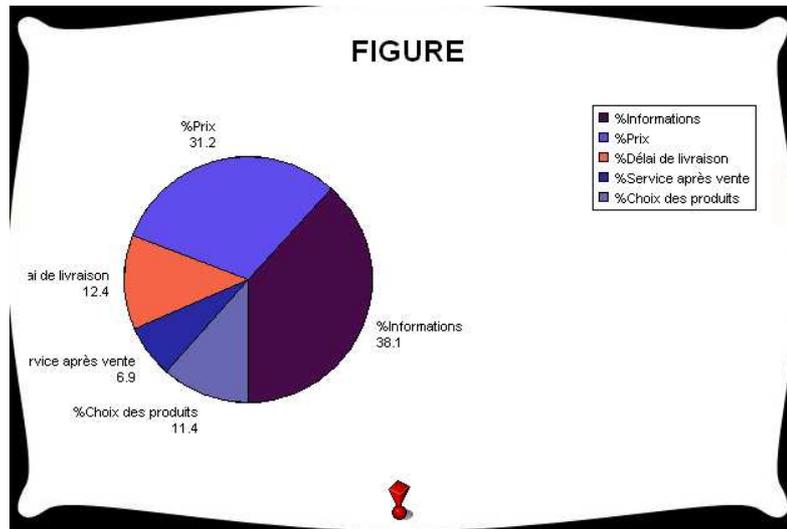


FIG. 3.32 – Contributions des critères à l'indicateur de position pour "Nomatix.com" : Cas de la moyenne pondérée

Soit $\%c$ la contribution en pourcentage du critère c , on a $\%Information = 38.1 \succ \%Prix = 31.2$. Les deux critères majeurs pour une stratégie de type quantité expliquent en grande partie le résultat global du site.

Considérons maintenant le cas de son rival, du point de vue score global, "Dellia.com". L'indicateur de position relatif à l'évaluation globale par Choquet de "Dellia.com" valait 10.98 contre 11.386 pour "Nomatix.com". Les indicateurs de position relatifs aux distributions de satisfaction des clients sont donnés sur la figure 3.33. Calculons les contributions marginales des critères à cet indicateur (Figure 3.34).

Indicateurs des Critères		Contributions	
Indicateurs des critères		Critère	Nom
Position		Critère 1	Informations
Critère1 :14.25		Critère 2	Prix
Critère2 :6		Critère 3	Délai de livraison
Critère3 :16.25		Critère 4	Service après vente
Critère4 :15.25		Critère 5	Choix des produits
Critère5 :8.25			

FIG. 3.33 – Indicateurs de position des critères pour "Dellia.com"

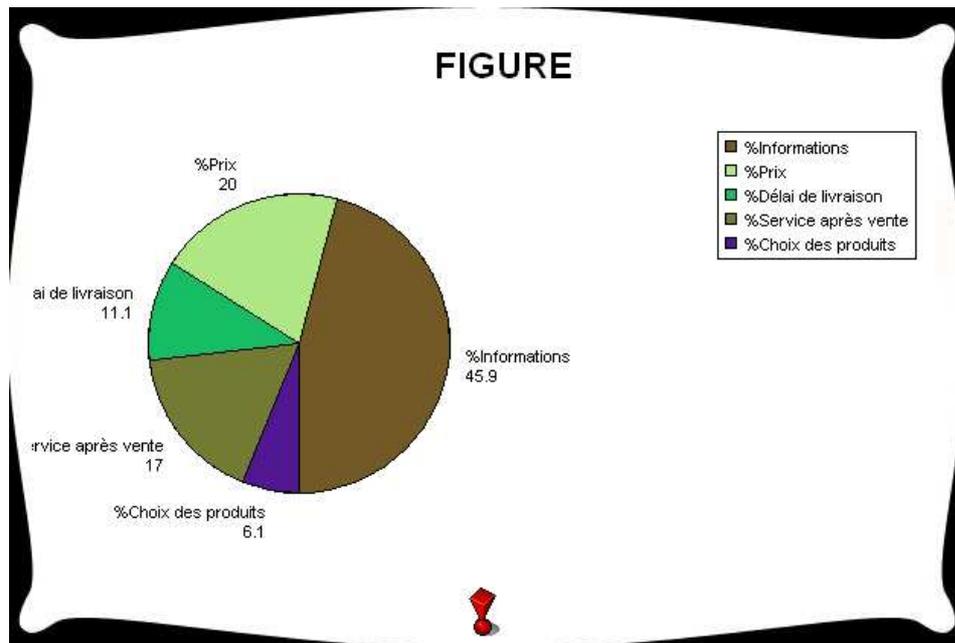


FIG. 3.34 – Contributions des critères à l'indicateur de position pour "Dellia.com"

Là encore, le résultat n'est pas spécialement intuitif. En effet, alors qu'on s'attendait à trouver une forte contribution pour le critère "Délai de livraison", compte tenu de l'orientation qualité de "Dellia.com", c'est le critère "prix" qui l'emporte avec une contribution de 20% alors que la contribution du délai est d'environ seulement 11%. Dans le simplexe local où $c_3 > c_4 > c_1 > c_5 > c_2$, le jeu de $\Delta\mu$ associé, c'est-à-dire les poids locaux attribués aux critères "Délai de livraison", "SAV", "Information", "Choix des produits" et "Prix" sont respectivement, 0.075, 0.125, 0.35, 0.08 et 0.37. Les critères "Prix" et "Informations" expliquent à eux seuls environ 65% du résultat de "Dellia.com" qui a pourtant une politique qualité.

Sur ces deux cas, on peut juger de la pertinence de la fonctionnalité d'explication du FBRS. Il est difficile d'imaginer que les contributions obtenues avec l'intégrale de Choquet puissent être identifiées intuitivement par l'équipe marketing sans avoir recours aux calculs du FBRS. Alors que dans le cas de la moyenne pondérée, où les importances relatives des critères sont constantes et définies a priori, le sens commun peut suffire à diagnostiquer la situation.

De la même façon, l'équipe de benchmarking de "Nomatix.com" aimerait se comparer à son rival direct "Dellia.com". Le FBRS fournit alors la distribution résultante de la différence d'évaluation globale entre "Nomatix.com" et "Dellia.com", c'est-à-dire $\pi_{ag}^{Dellia} - \pi_{ag}^{Nomatix}$ (Figure 3.35).

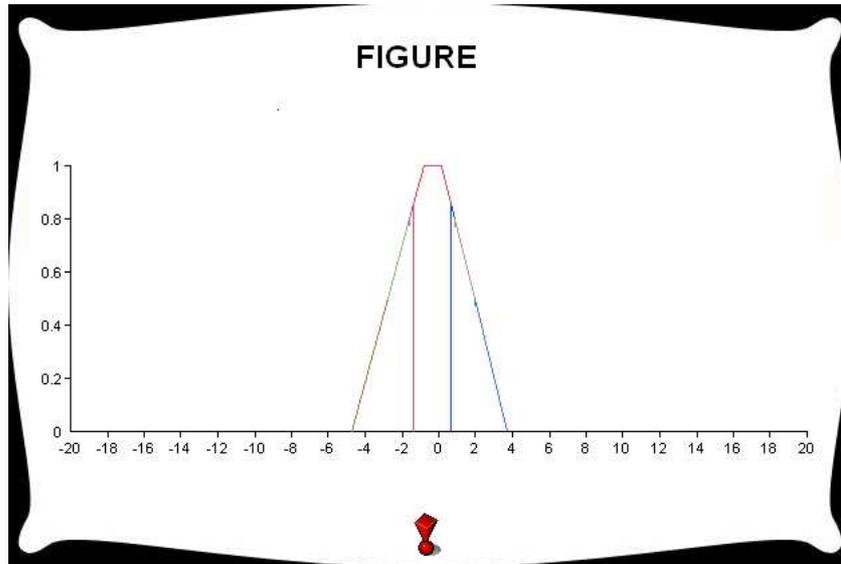


FIG. 3.35 – Distribution de la différence d'évaluation globale entre “Nomatix.com” et “Dellia.com”

En première analyse, la distribution “différence” des deux sites, tend à prouver que les deux sites ont des performances globales relativement voisines puisqu’“étroitement” centrées sur 0.

L'étude des contributions de critères à cette distribution montre que c'est principalement sur le critère “Information”(4.703) que “Dellia” a fait la différence sur “Nomatix”. Là encore, le résultat n'est pas très intuitif puisque, somme toute, la valeur moyenne pour “Nomatix” était de 16.25 contre 14.25 pour “Dellia”. Inversement, lorsque “Nomatix” est préférée à “Dellia” c'est principalement par les critères “Prix” (4.319) (ce qui est normal puisque “Nomatix” a choisi l'orientation quantité) et le critère “Délai de livraison”(1.909). Ce dernier résultat est en revanche contre intuitif puisque normalement c'est “Dellia” qui est censé promouvoir ce critère (option qualité).

L'équipe de benchmarking de “Nomatix.com” voudrait par ailleurs se comparer au site référence ayant eu le score global le plus important, en l'occurrence “Pixmanion.com” ($MD = 14.06$). L'analyse des contributions de critères à la distribution résultante de la différence d'évaluation globale entre “Nomatix.com” et “Pixmanion.com” (Figures 3.36 et 3.37) montre que c'est principalement le critère “Information” qui a fait la différence avec une contribution de l'ordre de 7.644. Ainsi pour que “Nomatix.com” puisse atteindre “Pixmanion.com”, il se doit, là encore, de revoir les informations disponibles pour ses clients.

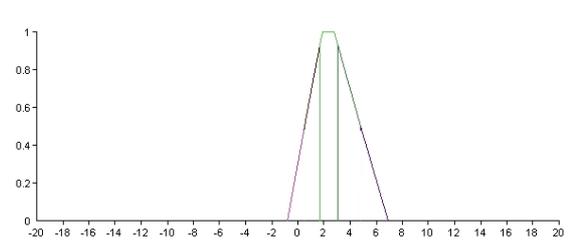
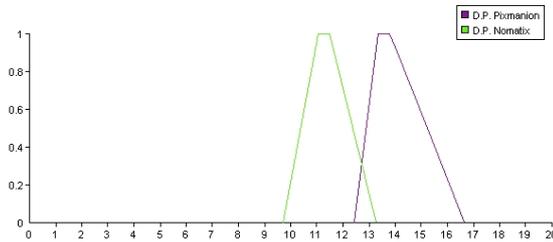


FIG. 3.36 – Distributions des évaluations globales de "Nomatix.com" et "Pixmanion.com"

FIG. 3.37 – Distribution résultante de la différence d'évaluation globale entre "Nomatix.com" et "Pixmanion.com"

Étudions à présent le diagnostic du point de vue des indicateurs d'imprécision moyenne. Pour cela reprenons le cas de "Nomatix.com". L'imprécision moyenne relative à chacune des distributions des critères d'entrée est donnée sur la figure 3.38.

Critère	Nom
Critère 1	Informations
Critère 2	Prix
Critère 3	Délai de livraison
Critère 4	Service après vente
Critère 5	Choix des produits

Imprécision	
Critère1 :	2.5000
Critère2 :	2.0000
Critère3 :	2.1250
Critère4 :	1.2500
Critère5 :	1.7500

FIG. 3.38 – Indicateurs d'imprécision moyenne des critères : Cas de "Nomatix.com"

On a $\Delta(\text{Informations}) > \Delta(\text{Délai}) > \Delta(\text{Prix})$. L'imprécision moyenne de la distribution relative à l'évaluation globale par l'intégrale de Choquet vaut 1.99. Les contributions des critères à cette imprécision sont données sur la figure 3.39.

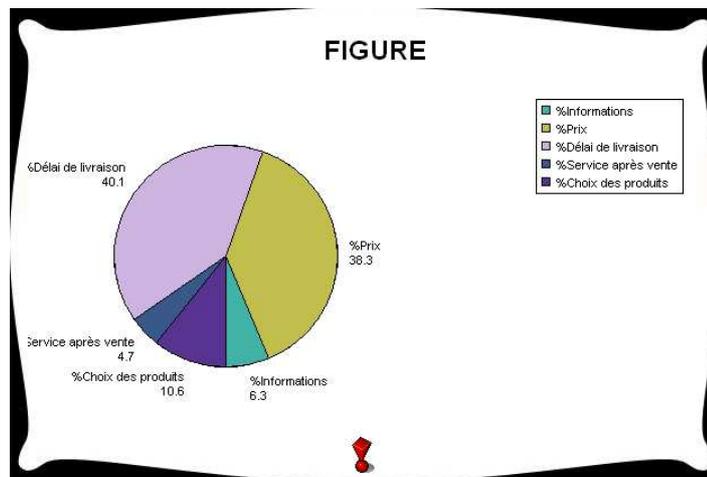


FIG. 3.39 – Contributions des critères à l'indicateur d'imprécision moyenne : Cas de "Nomatix.com"

C'est l'imprécision du critère "Délai de livraison", suivie de celle de "Prix" qui ont le plus contribué à l'imprécision moyenne de l'évaluation globale de "Nomatix.com", ceci s'explique par leurs poids locaux $\Delta\mu_3 = \Delta\mu_2 = 0.375$, contre 0.05, 0.075 et 0.12 pour respectivement $\Delta\mu_1, \Delta\mu_4$ et $\Delta\mu_5$.

Considérons maintenant un autre site de e-commerce, suivant la même stratégie que "Nomatix.com", "NomatixMagic.com". Ce site présente des distributions d'évaluations plus dispersées que celles de "Nomatix.com" (Figure 3.40). Il est moins constant dans ses résultats que "Nomatix.com".

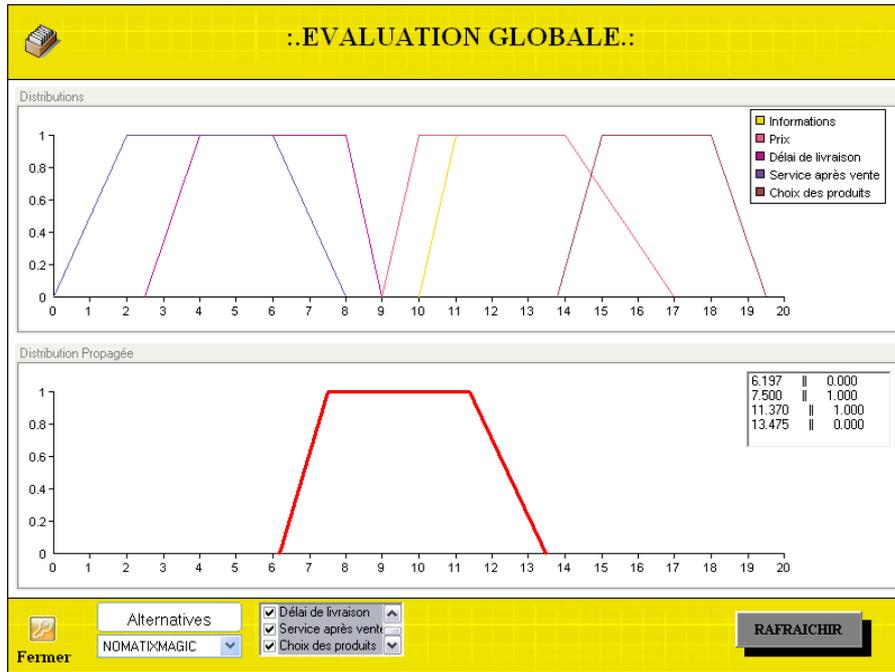


FIG. 3.40 – Distributions de critères et évaluation globale de "NomatixMagic.com"

Les indicateurs de critères relatifs à la position et l'imprécision sont données ci-après (Figure 3.41). L'imprécision moyenne de l'évaluation globale vaut 5.740 (pour 1.99 pour "Nomatix.com").

Indicateurs des Critères		Contributions		Zone 1	
Indicateurs des critères					
Position			Imprécision		
Critère2	:12.5	Critère2	:	6.0000	
Critère3	:5.875	Critère3	:	5.2500	
Critère4	:4	Critère4	:	6.0000	
Critère5	:16.575	Critère5	:	4.3500	
Dis. propagée	:9.635375	Distribution propagée	:	5.5740	

FIG. 3.41 – Indicateurs des distributions pour "NomatixMagic.com"

Remarquons ici, que tous les critères ont des imprécisions moyennes importantes et assez proches les unes des autres.

Les contributions des critères à l'imprécision globale de "NomatixMagic.com" sont présentées figure 3.42.

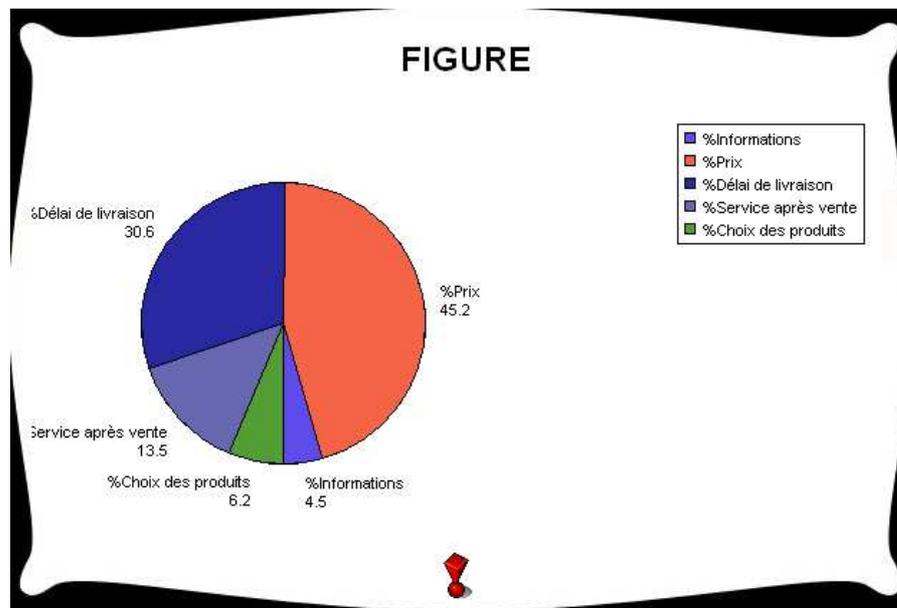


FIG. 3.42 – Contributions de l'imprécision moyenne des critères à l'imprécision globale de "NomatixMagic.com"

Bien que les critères aient tous une imprécision moyenne voisine, les critères "Prix" et "Délai de livraison" ont contribué à eux seuls à environ 75% de l'imprécision globale de "NomatixMagic.com". Comme "NomatixMagic.com" a choisi de suivre plutôt une stratégie de type "quantité", une recommandation pour "NomatixMagic.com" pour améliorer son score et réduire la dispersion de ses clients serait de revoir en priorité sa politique de prix et de regarder à moindre importance son délai de livraison.

Reprenons maintenant le cas de "Pixmanion", le site qui été le mieux évalué ($MD = 14.06$) et que "Nomatix.com" s'était fixé comme référence. Regardons d'abord plus en détail les résultats de ce site et en particulier l'imprécision moyenne. On note que son score global était plutôt imprécis ($\Delta = 2.33$). Par ailleurs, lors de leur analyse de benchmarking, les équipes de "Nomatix" ont découvert un autre site concurrent, qui a un score global certes plus faible que "Pixmanion" mais avec une imprécision moindre. Il s'agit de "Pixmagic.com" (Figure 3.43). L'indicateur de position de son évaluation globale vaut 13.37 mais son imprécision est de l'ordre de 0.74.

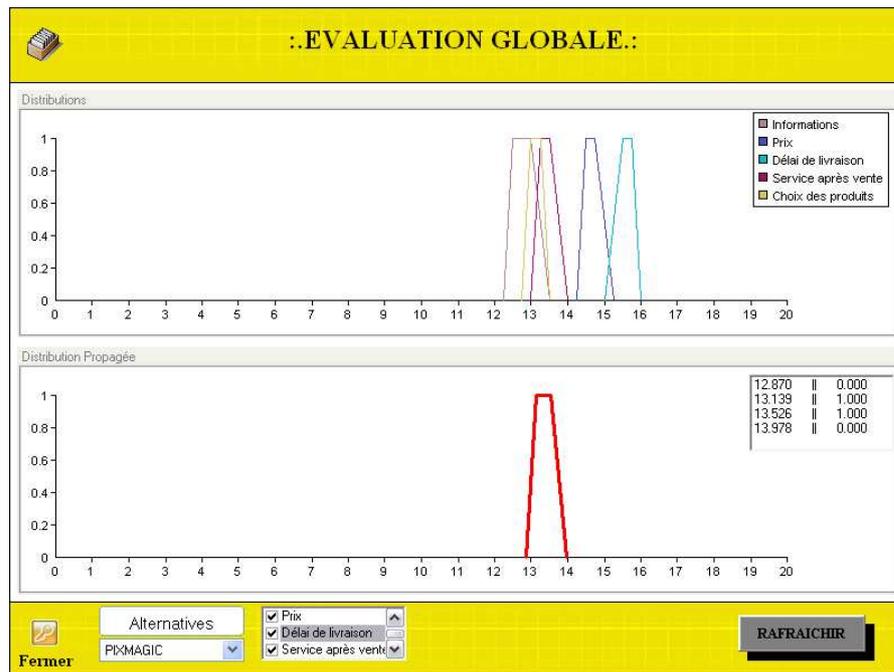


FIG. 3.43 – Évaluation globale de “PixMagic.com”

La question que se posent alors les responsables de “Nomatix.com” est la suivante : “est-ce qu’on doit copier le modèle “Pixmanion” qui a un score plus élevé du point de vue indicateur de position ($MD = 14.06$) même s’il a une imprécision significative ($\Delta = 2.33$) ou devons-nous viser “Pix-Magic.com” pour sa précision de 0.74, bien qu’il ait un score global moindre ($MD = 13.37$)”. Pour cela, ils vont dans un premier temps essayer de comprendre la cause de l’imprécision de “Pixmanion”. L’étude des contributions des critères montre que cette imprécision est principalement due au critère “Information”.

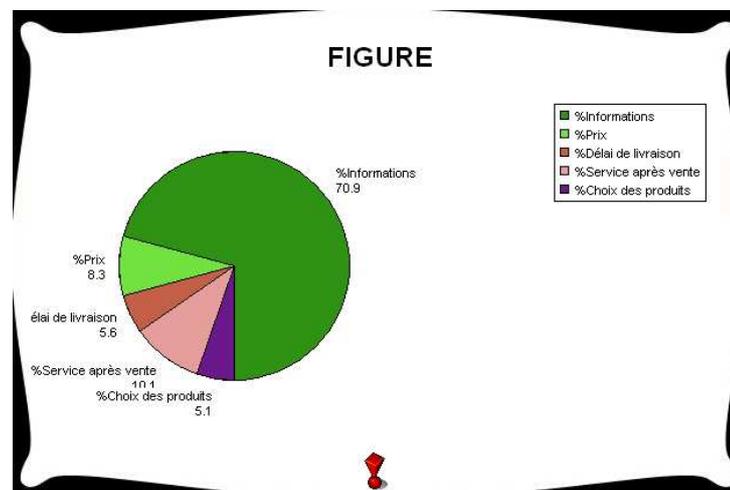


FIG. 3.44 – Contributions des critères en termes d’imprécision : Cas de “Pixmanion”

Dans un second temps, ils ont décidé d'étudier la différence entre les scores globaux des deux sites qu'ils souhaitent prendre comme référence. La distribution résultante de la différence entre "Pixmanion" et "PixMagic.com" est donnée sur la figure 3.45.

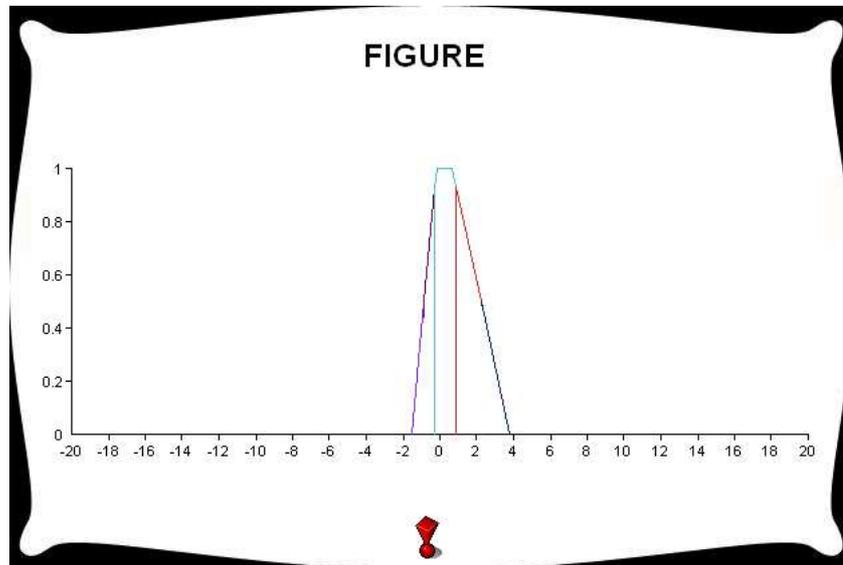


FIG. 3.45 – Distribution de la différence de l'évaluation globale de "PixMagic.com" avec celle de "Pixmanion"

L'étude des contributions, montre encore une fois que c'est le critère "Information" qui a fait la différence avec une contribution de 0.103 c'est-à-dire de l'ordre de 60.58%. Une recommandation pour les équipes de marketing et de benchmarking de "Nomatix.com" serait d'atteindre les satisfactions de "Pixmanion" sur tous les critères, sauf pour le cas de l'information où il est préférable de s'aligner sur "PixMagic.com".

Revenons sur les indicateurs de diagnostic et de pilotage de "MisterPrice.com" qui présente une bimodalité sur les critères "Prix" et "SAV" (Figures 3.27 et 3.28) ainsi que sur la distribution de son score global. Nous allons analyser de plus près cette divergence. Les indicateurs de divergence des critères "Prix" et "SAV" valent respectivement 8.75 et 13.0. La divergence relative au score global est 3.94. La divergence à l'entrée a été fortement lissée à la sortie. Afin de comprendre ce phénomène nous allons étudier les contributions des critères à la divergence de sortie.

TAB. 3.4 – Calculs des contributions des critères à la divergence du score global de “MisterPrice.com”

critères	Informations	Prix	D.Livraison	SAV	Choix PDt
Contribution à l'indicateur de position du mode 1	0.74	1.25	4.31	0.28	0.64
Contribution à l'indicateur de position du mode 2	0.74	5.42	4.31	1.37	0.96
Contribution à l'indicateur d'imprécision de l'enveloppe	0.13	4.94	0.75	1.28	0.12
Contribution à la divergence	-0.13	3.4	-0.75	0.9	0.52

On constate que le critère “Prix”, qui présentait la divergence la plus faible, a le plus contribué à la divergence du score global. Par ailleurs, le critère “SAV”, qui rappelons le, avait l'indicateur de divergence le plus élevé ($Div = 13.00$), n'a que très peu contribué à la divergence du score global de “MisterPrice.com”. Ce résultat est, encore une fois, contre intuitif. Là encore, apparaît tout l'intérêt du FBRS, qui devient dans ce genre de cas un outil indispensable pour détecter et expliquer de tels résultats. En effet, encore une fois c'est les différents jeux des $\Delta\mu$ qui ont induit de tels phénomènes.

Une recommandation possible pour l'équipe de marketing de “MisterPrice.com” afin de lisser la divergence de l'évaluation globale, serait de réduire la divergence relative au critère “Prix”. Ainsi, si en améliorant le rapport qualité/prix des produits vendus sur leur site, l'équipe arrive à faire baisser la divergence de ce critère de $Div = 8.75$ à $Div = 0.625$ par exemple, alors la divergence à la sortie disparaît (Figure 3.46).

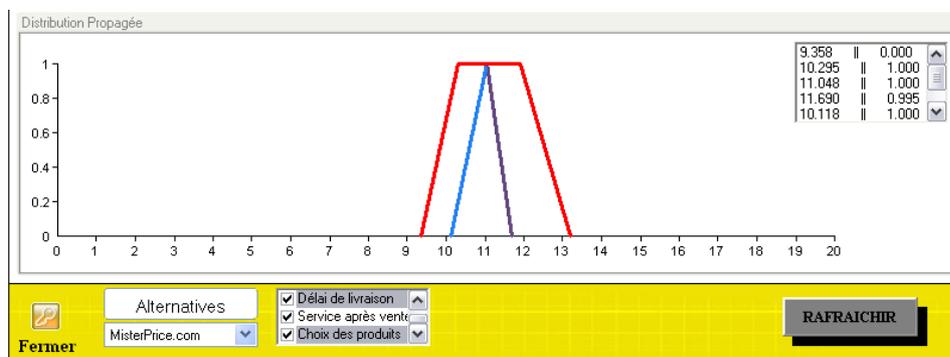


FIG. 3.46 – Distribution de l'évaluation globale de “MisterPrice.com” après recommandation

Pour clore ce chapitre, considérons un dernier exemple, le cas de “GoodDelly”. Ce site présente une distribution bimodale selon les critères “Informations” et “Prix”. La divergence du premier vaut 8.5, celle du second 9.5. La propagation des distributions de critères de “GoodDelly” par l’intégrale de Choquet donne une distribution quadrimodale illustrée sur la figure 3.47. Son indicateur de divergence vaut 2.30.



FIG. 3.47 – Distribution de l’évaluation globale de “GoodDelly”

Toutefois, la seule valeur de l’indicateur de divergence ne permet pas aux équipes de marketing ou de benchmarking de préjuger de la forme de la distribution du score global. D’où l’intérêt d’avoir la vision par distribution en sus de celle des indicateurs dans le FBR.

L’équipe de marketing de “GoodDelly” aimerait connaître quels critères ont contribué à la distribution du premier mode. Pour cela on identifie les contributions des distributions des critères. Le FBR montre que ce sont essentiellement les distributions relatives aux critères “Délai de livraison” et “Choix de Produits” (Figure 3.48).

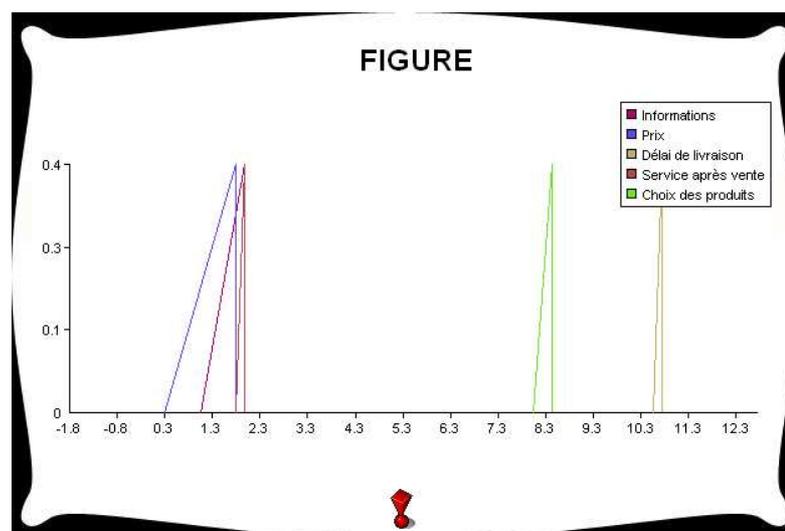


FIG. 3.48 – Contributions des critères en termes de distribution au premier mode de l’évaluation globale de “GoodDelly”

3.6 Conclusion du chapitre

Ce chapitre propose la mise en œuvre des modélisations formelle et mathématique exposées dans les chapitres I et II. Nous nous sommes intéressés à la gestion des retours d'expériences de consommateurs à des fins de diagnostic et de pilotage pour les managers d'une entreprise de e-commerce. Ce problème est un cas typique de processus d'aide à la décision multicritère dans un contexte multi-acteurs.

Nous avons plus particulièrement étudié le cas du marketing et du benchmarking de sites e-commerce en proposant une vision de la recommandation basée sur les mesures de satisfaction des clients. Afin de mettre en place notre processus d'aide à la décision, nous avons considéré le cas particulier d'un site de e-recommandation "ciao.com", riche par les critiques et les évaluations que ses membres fournissent pour faire un retour de leurs expériences par rapport à un ou plusieurs sites de e-commerce.

L'étude des fonctionnalités existantes actuellement dans "ciao.com", ainsi que la réalisation d'un certain nombre d'enquêtes de terrains nous a permis de montrer le bien fondé de notre processus d'aide à la décision multicritère et multi-acteurs et de dégager les aspects d'incertitude inhérents à un tel processus.

Le "Feedbacks Based Recommendation System" développé a permis de traiter quelques situations rencontrées par les équipes de marketing et de benchmarking et de les soutenir dans leurs tâches de diagnostic, de pilotage et d'aide à la décision pour le choix des actions d'amélioration. Malheureusement, compte tenu du temps nécessaire à une campagne de tests en grandeur nature, nous n'avons pas pu faire valider notre prototype logiciel par des professionnels. Cependant les démonstrations effectuées ont reçu un accueil positif.

Conclusion générale

Dans de nombreux contextes de décision, la multitude d'informations qui existent et la présence d'acteurs multiples ayant des systèmes de valeurs distincts, aboutissent à un accroissement de la complexité du processus de décision. Une formalisation du processus d'aide à la décision devient alors indispensable dans ce cadre multi-acteurs et multicritère, et la représentation d'informations incertaines et imparfaites, ainsi que l'identification d'informations pertinentes pour le problème décisionnel, deviennent également des enjeux majeurs.

Pour répondre à cette problématique, notre approche s'est basée sur une formalisation du processus d'aide à la décision par trois phases : une phase d'acquisition et de mise en forme des données, une phase d'exploration et d'analyse des données pour l'aide à la décision et une phase de communication de l'information. Le concept d'*explication*, de justification ou d'élucidation de la décision a particulièrement constitué le noyau de notre modèle de processus d'aide à la décision. Pour la représentation des évaluations fournies par les différents acteurs du processus d'aide à la décision selon chaque critère, nous avons proposé de considérer des distributions de possibilité. Ces distributions nous ont permis de prendre en compte, d'une part, l'intégralité des informations fournies par chaque évaluateur et donc son éventuel caractère multimodal, et d'autre part, l'imprécision et la non commensurabilité des ces évaluations. Nous avons également défini des indicateurs de description de ces distributions (position, imprécision, divergence) qui permettent une interprétation quantitative plus aisée pour le décideur. Les distributions d'évaluations de critère ainsi que les indicateurs de description de distribution ont été ensuite propagés dans la fonction d'agrégation permettant d'obtenir une satisfaction globale. Nous avons considéré des opérateurs d'agrégation de la famille de l'intégrale de Choquet en raison de leur capacité à prendre en compte des interactions entre les critères tout en gardant un caractère de moyenne " généralisée " aisément compréhensible par le décideur. Nous avons également proposé des fonctionnalités explicatives basées sur une quantification de la contribution d'indicateurs décisionnels des évaluations de critères à l'évaluation globale. Nous avons ainsi montré que chaque indicateur relatif à la distribution de l'évaluation globale s'écrit simplement comme une somme pondérée de contributions de critères. Ce résultat clé pour l'explication de l'agrégation et donc pour l'aide à la décision est issu de deux théorèmes : le premier, baptisé théorème de l'union des E_* et E^* , définit la relation entre l'imprécision moyenne d'une distribution de possibilité comme la somme des imprécisions moyennes de distributions partielles adjacentes dont elle est l'union ; le second établit l'équation de propagation des valeurs inférieure et supérieure d'une distribution de possibilité par l'intégrale de Choquet en se basant sur l'écriture linéaire de cette dernière par région.

Sur le plan applicatif, nous nous sommes intéressés à la formalisation du processus de gestion de mesures de satisfaction de cyber-consommateurs dans le contexte de la e-recommandation pour le e-commerce. Nous avons présenté une méthode d'évaluation multicritère des sites de e-commerce par une communauté d'internautes qui permet à la fois de prendre en compte l'importance relative des critères d'évaluation et les interactions entre ceux-ci, mais aussi de gérer différents aspects de l'incertitude inhérents à ce processus d'évaluation collectif. Nous avons ensuite proposé des fonctionnalités d'explication dont le but est de fournir aux managers d'un site de e-commerce, en particulier les équipes marketing et benchmarking, des éléments qui leur permettent de comprendre les scores qui ont été attribués à leur site lors de l'évaluation par les clients. Nous avons montré comment il est alors possible d'identifier les critères les plus influents dans cette évaluation et comment utiliser cette analyse de contributions à des fins de suivi et de management des performances par les responsables marketing et benchmarking. Notre démarche a consisté en l'étude des fonctionnalités pour un site particulier de e-recommandation, *ciao.com*, ainsi qu'en la réalisation d'un certain nombre d'enquêtes de terrain auprès d'experts du domaine du e-commerce et de la recommandation. Ceci, nous a permis de réaliser un support logiciel d'aide à la décision (Feedbacks Based Recommendation System) dont l'objectif principal est de soutenir les équipes de marketing et de benchmarking dans leurs tâches de diagnostic, de pilotage et d'aide à la décision pour le choix des actions d'amélioration.

Les traitements de l'information proposés dans ce contexte de décision multicritère multi-acteurs tel le e-commerce présentent néanmoins des limites :

- Pour la représentation des évaluations, nous avons considéré uniquement des distributions de forme trapézoïdales ayant des modes normalisés. L'extension à d'autres formes ne semble pas poser de problèmes théoriques importants, mais nécessitent une implémentation logicielle différente. Une définition de la qualité de l'approximation possibiliste par une comparaison avec une approche exacte par les fonctions de croyance serait à cet égard très instructive. La considération d'autres indicateurs de description est également à envisager.
- Pour l'agrégation des évaluations de critères, d'autres opérateurs que ceux de la famille de l'intégrale de Choquet auraient pu être utilisés [Angilella *et al.* (2003)], notamment pour modéliser des comportements sortant d'une logique de compromis. Ce point est en lien avec la problématique de l'identification fine de la stratégie des décideurs qui doit passer, soit par une procédure de recueil plus évoluée (de type Macbeth), soit par une remise en cause de l'approche quantitative cardinale au profit d'approches qualitatives ordinales [Dubois *et al.* (2001)].
- L'outil logiciel d'aide à la décision a reçu un accueil favorable lors de démonstrations, mais il demande à être validé opérationnellement par des professionnels du e-commerce.

Du point de vue du processus d'aide à la décision, le sens accordé à la notion d'explication dans cette thèse se limite au diagnostic de situations décisionnelles en fournissant les critères les plus discriminants au sens de l'analyse de l'évaluation multicritère. Une question importante est comment mettre à profit ces résultats afin de réagir le plus efficacement possible. En effet,

après le diagnostic, on attend d'un support d'aide à la décision (SIAD) qu'il nous aide à adapter voire reconfigurer les actions envisagées initialement. Présenter de cette façon, l'étape qui suit le diagnostic s'apparente ni plus ni moins à de la commande pour faire le parallèle avec un procédé technique. Une étape de " calcul inverse " doit permettre au SIAD de déterminer quels critères et quelles actions relativement à ces critères devraient être engagées (en termes de distribution directement ou d'indicateurs d'aide à la décision) pour que le diagnostic en soit modifié de façon pertinente. Une idée à développer serait donc d'introduire une boucle de rétroaction, qui définirait au sens d'une fonction *objectif* à déterminer, les critères sur lesquels agir.

Nous pouvons d'ores et déjà proposer d'envisager le conseil d'action sous l'angle d'un problème de commande en introduisant la notion de risque décisionnel. Le risque décisionnel peut être associé à la robustesse du classement des alternatives ou des actions à un instant donné par une distance d entre l'action préférée à un instant donné Al^p et les actions concurrentes Al^q :

$$r = 1 - \min_{\substack{q = 1..n \\ p \neq q}} d(Al^p, Al^q)$$

En pratique, il faudrait donc chercher pour un risque fixé, pour chaque alternative Al^q les dimensions de l'évaluation pour lesquelles il est le plus pertinent (au sens de la rentabilité économique si on en revient au coût informationnel) de vérifier qu'il n'existe pas d'informations non encore capitalisées qui augmenteraient significativement le score global de Al^q . Pour le décideur, cela peut être troublant : les dimensions sur lesquelles la logique d'optimisation propose d'axer son effort ne sont pas nécessairement les dimensions mises en évidence par le diagnostic. . . L'action recommandée dans cette logique d'optimisation n'a donc rien d'intuitif et est d'autant moins interprétable si on la perçoit comme la suite logique du diagnostic fourni par l'explication. . .

En perspective de recherche à moyen terme, il serait donc souhaitable d'aborder le management d'organisation, telle que les sites de e-commerce, sous l'angle du contrôle-commande au sens suivi d'objectifs, de trajectoires, etc., et d'attacher un intérêt tout particulier à la sémantique de notions telles que l'atteignabilité d'un objectif, la commandabilité de l'organisation par ses performances ou encore la robustesse d'une stratégie d'amélioration des performances, tout cela avec des évaluations représentées sous forme de distributions.

Annexe A

Construction des distributions de possibilité

Dans cette annexe, nous exposons la méthode que nous avons utilisée pour mettre sous forme de distribution de possibilité π_i l'ensemble des évaluations partielles relatives à un critère i pour un site donné. Rappelons que ces évaluations partielles sont fournies par les utilisateurs du site sous la forme d'un nombre d'étoiles ou de barres, ces évaluations sont imprécises sur une échelle de notes $[0, 20]$. De plus, chaque utilisateur affecte son évaluation directement sans références communes aux autres utilisateurs ni calibrage par rapport à ses propres évaluations. En conséquence, les évaluations n'ont pas forcément exactement le même signification. Pour prendre en compte ces deux aspects d'imprécision et de non commensurabilité des évaluations, nous avons choisi de transformer les étoiles et barres en des intervalles de notes sur 20 (cf. Tableau 3.3). Avec cette modélisation, les ensembles d'évaluations se présentent dans le contexte de notre application sous la forme de groupes disjoints d'intervalles ayant une forte intersection (chaque groupe correspond à un mode). Nous avons donc des distributions de masse au sens de Shafer que nous proposons d'approximer par des distributions de possibilité. Notons que si les intervalles étaient disjoints (ou presque) un histogramme classique pourrait être construit, et que des méthodes de transformation d'un histogramme en distribution de possibilité pourraient être appliquées [Dubois *et al.* (1993)] [Oussalah (2000)] [Dubois *et al.* (2004)].

Détaillons maintenant la méthode de construction d'une distribution de possibilité approximant une distribution de masse sur un groupe disjoints d'intervalles ayant de fortes intersections. La méthode a été proposé par [Dubois & Prade (1988b)], et utilisée pour l'évaluation de la qualité de la découpe de skis [Mauris *et al.* (2000)]. Mais dans cette application, seules des distributions monomodales étaient observées.

Commençons par traiter cette situation. Considérons une distribution de masse $(I_k, p(I_k))$ avec $k = 1..q$ une famille d'intervalles telle que $I = \cap_{k=1,q} I_k \neq \emptyset$ et $p(I_k)$ la probabilité d'occurrence de l'intervalle I_k .

Un exemple tiré de notre application présentée dans le chapitre III est proposé dans le tableau suivant.

TAB. A.1 – Ensembles des évaluations partielles fournies par les cyber-consommateurs pour le critère “Délai de livraison”

Evaluations en termes d'étoiles	Intervalle d'évaluation correspondant (I_k)	Nombres de clients évaluateurs
4	[12,16]	2
4.25	[13,17]	7
4.5	[14,18]	4
4.75	[15,19]	3
Total		16

Selon [Dubois & Prade (1986a)], une approximation inférieure F_* de la distribution de possibilité peut être définie par :

$$\pi_{F_*}(x) = \sum_{k/ x \in I_k} p(I_k) \quad (\text{A.1})$$

Une approximation supérieure F^* de la distribution de possibilité peut être construite en utilisant les α -coupes de F_* afin de définir un ensemble d'intervalles emboîtés $E_i, i = 1..n$ satisfaisant :

$$\bigcap_{k=1,q} I_k = E_1 \subset \dots \subset E_n = \bigcup_{k=1,q} I_k$$

Pour déterminer la valeur de probabilité $m(E_i)$ assignée à chaque intervalle E_i , chaque I_k est attribuée d'une manière unique au plus petit intervalle E_k le contenant. Par la suite, on comptabilise les $m(E_i)$ assignées à chacun des E_i . Ainsi F^* est définie par :

$$\begin{aligned} \pi_{F^*}(m) &= 0 \quad \text{si } m \notin E_n \\ &= \sum_{j=i}^n m(E_j) \quad \text{si } x \in E_i - E_{i-1} \quad i \geq 2 \\ &= 1 \quad \text{si } m \in E_1 \end{aligned} \quad (\text{A.2})$$

Par ailleurs, nous avons [Dubois & Prade (1986a)] [Dubois & Prade (1988a)] :

- $F_* \subseteq F^*$, c'est-à-dire que F^* est plus imprécis que F_* ($F^* = F_*$ si les I_k sont emboîtés).
- F_* et F^* sont respectivement la plus grande et la plus petite distribution de possibilité (au sens de l'inclusion) des données initiales.

On note que $\forall \omega \in \Omega, P^*(\{\omega\}) = \pi_{F_*}(\omega)$, où $P^*(\{\omega\})$ la probabilité supérieure définie dans 2.5. Ceci indique que F_* et F^* constituent les meilleures approximations (possibiliste) inférieures et supérieures de l'ensemble des données I_k .

Appliqué à l'exemple précédent, nous obtenons les intervalles E_i et les distributions présentés dans la figure B.1. Ensuite, une approximation linéaire est effectuée pour obtenir des distributions trapézoïdales (Figure A.2).

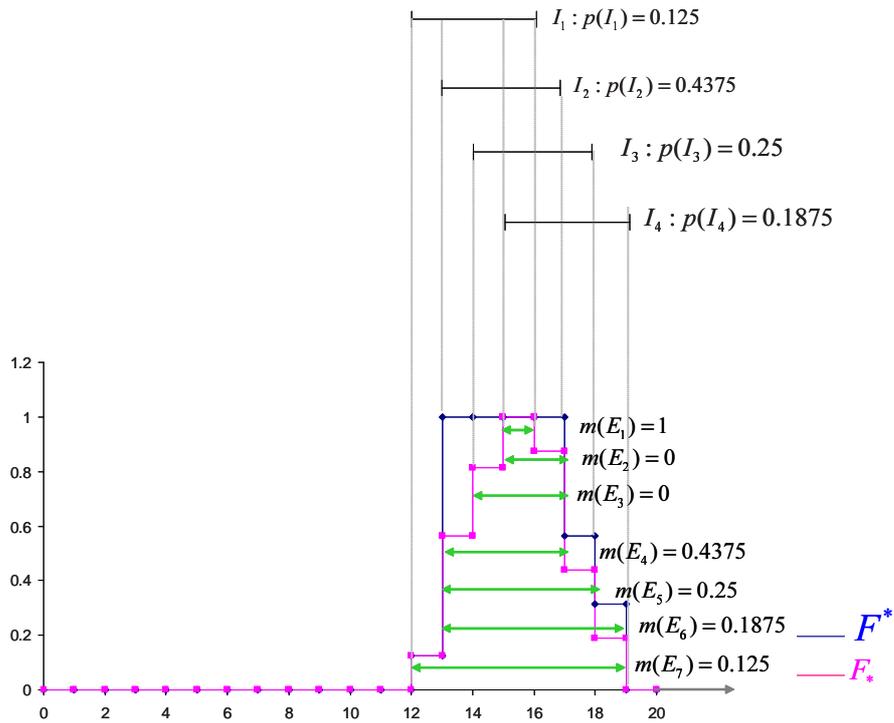


FIG. A.1 – Construction de F_* et F^*

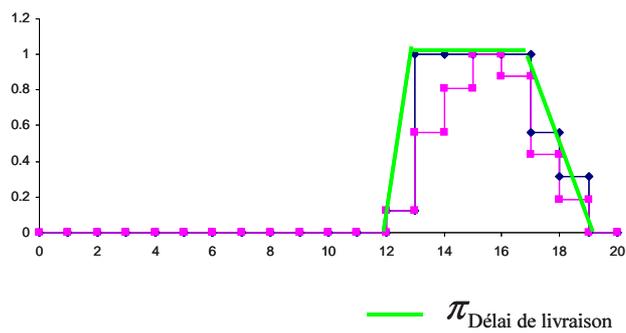


FIG. A.2 – Approximation linéaire de la distribution de possibilité

Pour les situations où des groupes disjoints d’intervalles de fortes intersections sont présents, nous proposons de traiter chaque groupe séparément puis ensuite de faire l’union des distributions de possibilités ainsi obtenues. Cette approche aboutit à des distributions multimodales pour lesquels chaque mode est normalisé (la possibilité atteint 1) comme le montre l’exemple suivant.

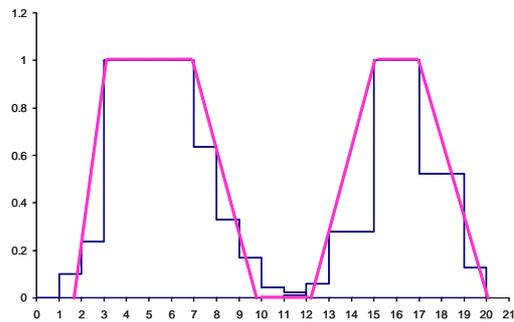


FIG. A.3 – Exemple de distributions de possibilité bimodale

Cette approche est critiquable dans le sens où parfois les groupes disjoints d'intervalles correspondent à un nombre différents d'évaluations, ce qui devrait conduire à un mode principal et des modes secondaires (dont la possibilité est inférieure à 1). Une manière simple de prendre en compte cet aspect serait de limiter la hauteur de la distribution de possibilité des modes secondaires par le ratio du nombre d'évaluations du mode secondaire sur le nombre d'évaluation du mode principal.

Annexe B

Propagation des distributions de possibilité par l'intégrale de Choquet

Dans cette annexe, nous exposons la méthode que nous avons utilisée pour propager les distributions de possibilité π_i , représentant l'ensemble des évaluations partielles relatives à un critère i pour une alternative donnée, par l'intégrale de Choquet C_μ .

Dans le cas général, l'agrégation des distributions de possibilité relatives à chacun des critères par l'intégrale de Choquet se base sur un des principes fondamentaux de la théorie des sous ensembles flous : le principe d'extension de Zadeh [Zadeh (1978)].

Soit π_{ag} la distribution agrégée obtenue via la propagation des distributions de critères par l'intégrale de Choquet. L'application du principe d'extension donne :

$$\pi_{ag}(x) = \sup_{(x_1, \dots, x_n) / C_\mu(x_1, \dots, x_n) = x} (\min(\pi_1(x_1), \dots, \pi_n(x_n))) \quad (\text{B.1})$$

Ce théorème est très général et s'applique à toutes les formes de distribution, même multimodale. Néanmoins, un calcul direct de (B.1) semble peu réaliste. Cependant, pour des distributions triangulaires et trapézoïdales, la forme se conserve pour des opérations linéaires et une représentation paramétrée est possible [Dubois & Prade (1988b)]. Le théorème suivant établi par [Grabisch *et al.* (1994)] permet également de simplifier l'utilisation de (B.1) pour une large famille d'opérateurs d'agrégation :

Théorème [Grabisch *et al.* (1994)]

Soient π_1, \dots, π_n les évaluations partielles floues (*distributions de possibilité*) d'une alternative Al selon les critères c_1, \dots, c_n , et qui sont des intervalles flous semi-continus supérieurs sur $[0,1]$. L'évaluation globale de Al est obtenue par une intégrale floue \mathfrak{S} (Choquet, Sugeno, ...) relativement à une mesure floue μ . Ainsi, l'évaluation globale floue basée sur les évaluations partielles floues possède les propriétés suivantes :

- Soit $\mathfrak{S}_\mu(\pi_1, \dots, \pi_n)$ un intervalle flou semi-continu supérieur sur $[0,1]$, c'est-à-dire un ensemble flou convexe et normalisé dont les α -coupes sont des intervalles fermés donné par :

$$[\mathfrak{S}_\mu(\pi_1, \dots, \pi_n)]_\alpha = [\mathfrak{S}_\mu([\pi_1]_\alpha, \dots, [\pi_n]_\alpha), (\mathfrak{S}_\mu(\overline{[\pi_1]}_\alpha, \dots, \overline{[\pi_n]}_\alpha))]$$

Pour tout α dans $[0,1]$, $[\pi_i]_\alpha$ et $\overline{[\pi_i]_\alpha}$ sont respectivement la borne inférieure et la borne supérieure de l' α -coupe de π_i .

- Le noyau de $\mathfrak{S}_\mu(\pi_1, \dots, \pi_n)$ est un intervalle fermé

$$[\mathfrak{S}_\mu([\pi_1], \dots, [\pi_n]), (\mathfrak{S}_\mu(\overline{[\pi_1]}, \dots, \overline{[\pi_n]})]$$

- Le support de $\mathfrak{S}_\mu(\pi_1, \dots, \pi_n)$ est un intervalle ouvert

$$(\mathfrak{S}_\mu(\lfloor \pi_1, \dots, \lfloor \pi_n), (\mathfrak{S}_\mu(\pi_1 \rfloor, \dots, \pi_n \rfloor))$$

- $\mathfrak{S}_\mu(\pi_1, \dots, \pi_n)$ est contenue entre la partie ascendante de $\tilde{\lambda}(\pi_1, \dots, \pi_n)$ et la partie descendante de $\tilde{\nu}(\pi_1, \dots, \pi_n)$, où $\tilde{\lambda}$ et $\tilde{\nu}$ sont respectivement le minimum et le maximum d'un intervalle flou. Ainsi, pour tout α dans $[0,1]$, nous avons :

$$[\mathfrak{S}_\mu(\pi_1, \dots, \pi_n)]_\alpha \subseteq [\bigwedge_{i=1}^n \mathfrak{S}_\mu([\pi_i]_\alpha, \bigvee_{i=1}^n \overline{[\pi_i]_\alpha}]$$

- Supposons que π_1, \dots, π_n soient des intervalles flous paramétrés dont les fonctions de formes à gauche et à droite sont respectivement de la forme $1 - x^l$ et $1 - x^r$, $l, r \neq 0$. Alors s'il n'existe aucun couple j, k dans $1, \dots, n$ tel que les parties gauches ou les parties droites de π_j et π_k ne s'intersectent pas, alors l'intégrale de Choquet $C_\mu(\pi_1, \dots, \pi_n)$ est un intervalle flou paramétré avec la même fonction de forme à droite et à gauche, et dont le noyau et le support sont donnés précédemment

Ainsi, grâce à ce dernier point, nous avons la conservation de la forme de la distribution propagée, c'est-à-dire que la propagation de distributions linéaires par morceaux par l'intégrale de Choquet donne lieu à une distribution linéaire par morceaux à condition qu'il n'y ait pas d'intersection entre les parties ascendantes (respectivement descendantes).

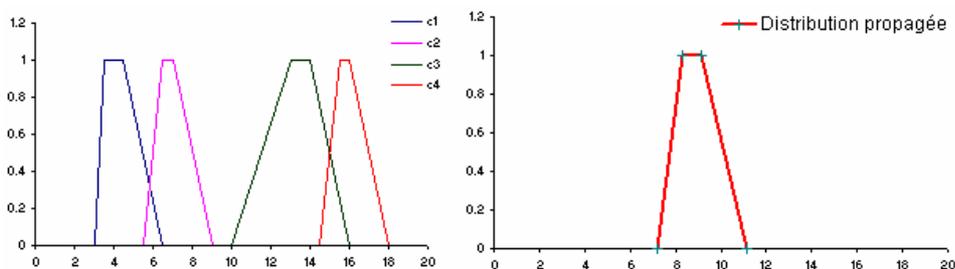


FIG. B.1 – Exemple de calcul de la propagation de Choquet par la méthode de [Grabisch *et al.* (1994)]

Dans le cas général, où il existe une ou plusieurs intersections entre les parties ascendantes (respectivement descendantes), il suffit, pour des distributions linéaires par morceaux, de calculer

l'intégrale pour les points d'intersection des distributions d'entrée pour obtenir la distribution agrégée (puisque entre les point d'intersection la forme se conserve).

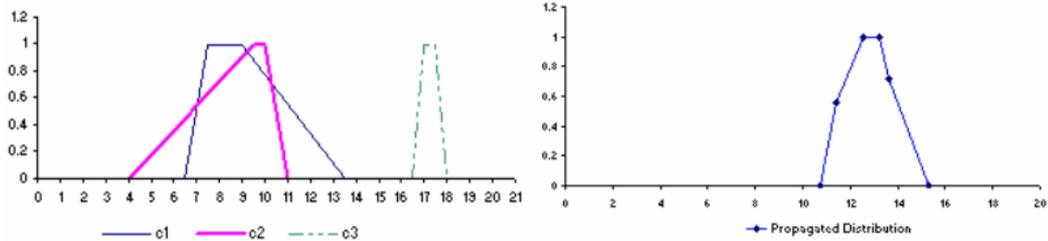


FIG. B.2 – Exemple de calcul de la propagation de Choquet par la méthode de [Grabisch *et al.* (1994)] cas d'intersection

Toutefois dans le cas où les distributions des critères π_i présentent une multimodalité, elles ne sont pas des intervalles flous, en conséquence le théorème précédent ne peut s'appliquer directement. Mais, grâce au théorème de l'union proposé par [Dubois & Prade (1987)], nous pouvons décomposer les distributions multimodales en un ensemble d'intervalles flous, et ensuite appliquer le théorème précédent sur cette décomposition.

Ainsi, soit π^1 et π^2 deux distributions de possibilité telles que :

$$\pi^1 = \bigcup_{j=1..m1} \pi^{1j} \quad \text{et} \quad \pi^2 = \bigcup_{l=1..m2} \pi^{2l}$$

où π^{1j} et π^{2l} sont des distributions de possibilité qui composent π^1 et π^2 (dans notre contexte, ce seront des distributions monomodales). On a par le théorème de l'union [Dubois & Prade (1987)] :

$$\forall f, f(\pi^{1j}, \pi^{2l}) = \bigcup_{\substack{j=1..m1 \\ l=1..m2}} f(\pi^{1j}, \pi^{2l})$$

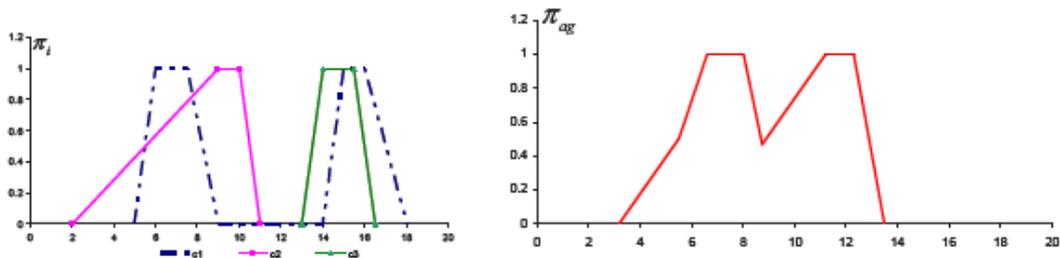


FIG. B.3 – Exemple de calcul de la propagation de Choquet par la méthode de [Grabisch *et al.* (1994)] et le théorème de l'union

Notons aussi que les points d'intersection entre les distributions permettent de définir un ordre par zone sur les distributions [Dubois & Prade (1988b)] : ainsi, chaque fois qu'il y a une intersection des parties ascendantes (resp. descendantes) des deux distributions, il y a changement d'ordre

(Figure B.4). Chacun de ces points d'intersection détermine de part et d'autre des domaines (H_σ) où l'intégrale de Choquet a une expression linéaire (équations 2.15 et 2.16). Si on a p points d'intersection, on génère $p + 1$ domaines.

Sur l'exemple de la figure B.4, on a un seul point d'intersection entre deux distributions. On obtient deux domaines H_{21} où $\pi_2 \succ \pi_1$ et H_{12} où $\pi_1 \succ \pi_2$, au sens de la relation d'ordre considérée ($\pi_1 \succ \pi_2$ si et seulement si $\forall x \pi_1(x) \geq \pi_2(x)$).

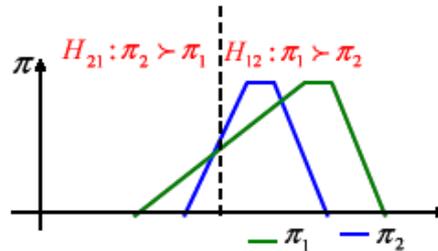


FIG. B.4 – Exemple de changement d'ordre dû à l'intersection

Comme nous l'avons introduit dans le chapitre 2, nous avons également besoin de calculer les contributions des critères à l'évaluation globale obtenue par l'intégrale de Choquet. Le découpage en fonction de l'ordre des distributions de critères obtenu à partir des points d'intersection est très utile à cet effet. Dans chaque domaine k , défini par les intersections, on construit les distributions partielles des critères π_i^k qui dans ce domaine sont totalement ordonnées. Le principe de construction des π_i^k est visualisé sur la figure B.5.

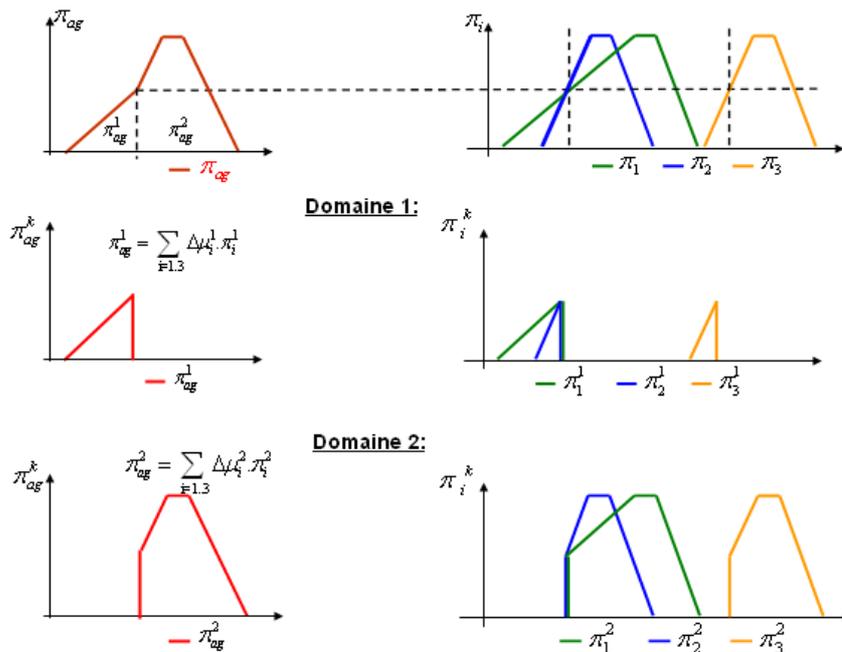


FIG. B.5 – Principe de construction des distributions partielles

La distribution agrégée (π_{ag}) peut ainsi s'écrire comme l'union des distributions agrégées partielles relatives à chaque domaine (π_{ag}^k). Chaque π_{ag}^k est le résultat de l'agrégation par Choquet des distributions partielles des critères dans le domaine k (Figure B.5).

Comme dans chaque domaine k , l'intégrale de Choquet est linéaire, la distribution agrégée partielle peut s'écrire :

$$\pi_{ag}^k = \sum_{i=1..n} \Delta\mu_i^k \pi_i^k$$

Ainsi on a :

$$\pi_{ag} = \bigcup_{k=1..p+1} \pi_{ag}^k = \bigcup_{k=1..p+1} \sum_{i=1..n} \Delta\mu_i^k \pi_i^k$$

avec p le nombre de points d'intersection.

Annexe C

Marketing et benchmarking dans le e-commerce

C.1 Le e-commerce

Quelques années après l'éclatement de la bulle Internet, le commerce électronique connaît une évolution croissante en France et en Europe, (Figure C.1). Cette augmentation des achats en

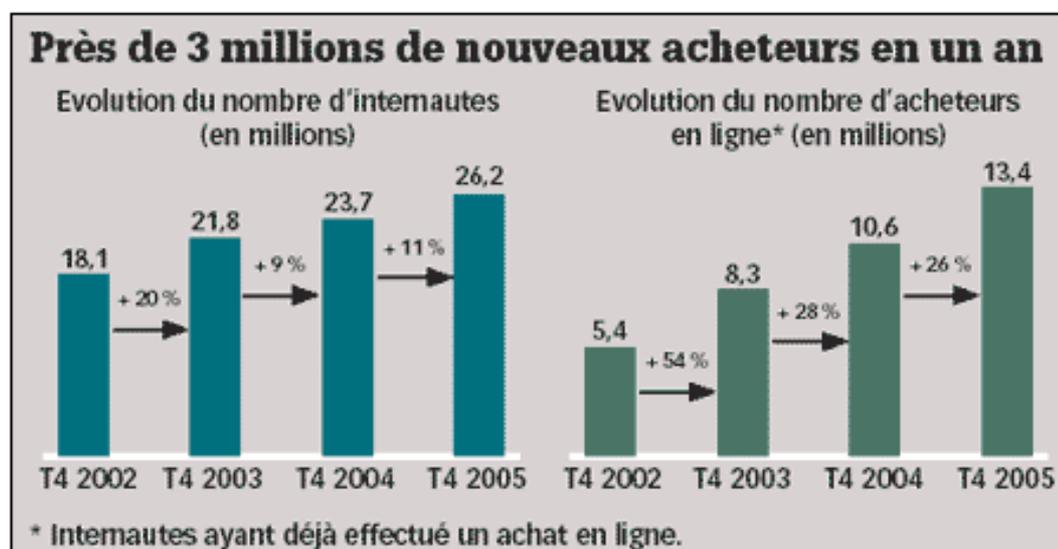


FIG. C.1 – Évolution du e-commerce. (Source actionco.fr)

ligne résulte, en partie, de l'accroissement du nombre d'internautes, mais aussi de la confiance grandissante dans l'économie numérique. Mais commençons d'abord par définir cette notion de commerce électronique ou e-commerce.

C.1.1 Définition

L'e-commerce ou commerce électronique est une activité commerciale qui inclut les diverses transactions associées à l'achat et à la vente de biens et de services en ligne par le biais d'Internet. L'association pour le Commerce et les Services En Ligne (ACSEL) propose quant à elle deux

définitions du commerce électronique.

D'abord, elle définit le e-commerce comme l'ensemble des échanges commerciaux dans lesquels l'achat s'effectue sur un réseau de télécommunications. Par commerce électronique, on entend aussi bien la simple prise de commande que l'achat avec paiement. Enfin, l'acte d'achat concerne autant les achats de biens que les achats de services, qu'ils soient eux-mêmes en ligne (services d'information, jeux) ou non. De façon plus extensive, l'ACSEL définit le e-commerce comme l'ensemble des usages commerciaux des réseaux.

Par ailleurs, selon le rapport de Synthèse générale de la "Mission Lorentz" [Lorentz (1999)], il existe plusieurs définitions possibles du commerce électronique.

- Une **définition "large"** : " Toute activité d'échange générant de la valeur pour l'entreprise, ses fournisseurs ou ses clients, effectuée sur des réseaux".
- Une **définition "restreinte"** couvre l'ensemble des activités commerciales conduisant à des commandes en ligne. Il doit y avoir transaction, donc génération de chiffres d'affaires, mais pas nécessairement paiement.
- Une **définition "étroite"** : qui se limite aux transactions engagées et conclues en ligne, paiement compris.

C.1.2 Typologie du e-commerce

On distingue principalement deux types de e-commerce : le B to B (Business to Business, commerce inter-entreprises par voie électronique (vente de fournitures, matières premières, etc.)) et le B to C (Business to Consumer), commerce avec les particuliers (achat de produits culturels, high-tech..) [Vandercammen (2006)] [Mennis (2003)] [Mennis (2005)].

- Le BtoB ou B2B (Business to Business) recouvre le champ du commerce interentreprises, c'est-à-dire les activités dans lesquelles les clients ou prospects sont des entreprises. Il est apparu en France dès la fin des années quatre vingt dans les grandes entreprises avec la mise en place d'échanges de données informatisées (EDI) entre fournisseurs et acheteurs. Il a pris son essor au milieu des années 90 grâce aux technologies Internet qui ont permis la généralisation des échanges en abaissant considérablement les coûts. On peut citer par exemple le cas de "cc-hubwoo.com" qui revendique plus de 45 clients parmi lesquels les plus grands groupes européens (Total, BASF, EdF, GdF, Michelin, Thomson, etc.), et affiche un réseau de plus de 9 000 fournisseurs connectés dans 44 pays.
- Le BtoC (Business to Consumer) fait référence au commerce entre une entreprise et une personne privée. L'entreprise vend ses produits et/ou services au client final via son propre site web ou par l'intermédiaire d'un autre site plus généraliste appelé dans certains cas une "Galerie Marchande" (exemple : <http://www.doucefrance.com>). Il s'agit par exemple de la vente de produits physiques, biens immatériels (informations, vidéos, logiciels, etc.) et de services (réservations, services à domicile, etc.).

Il faut encore signaler de nouveaux segments moins médiatisés car ne générant pas des revenus élevés tels que : le commerce avec les administrations (Business to Administration, BtoA) et le commerce entre les particuliers (Consumer to Consumer, CtoC) (Figure C.2³ et figure C.3) [Dholakia *et al.* (2002)] [Mennis (2003)]. .

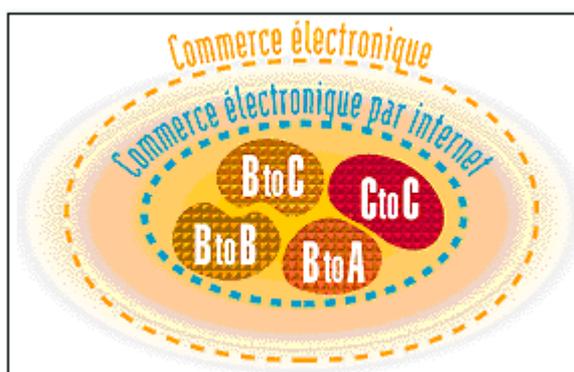


FIG. C.2 – Typologie du e-commerce

		Cibles du e-commerce	
		Business	Cyber-consommateurs
Sources du e-commerce	Business	BtoB e-commerce Business to business Exemples: cc-hubwoo.com	BtoC e-commerce Business to consumer (e-retailing) Exemples: amazon.com,
	Cyber-consommateurs	CtoB e-commerce consumer to Business Exemples: Guru.com	CtoC e-commerce consumer to consumer Exemples: eBay

FIG. C.3 – Classification de commerce électronique par secteurs d'affaires et clients [Dholakia *et al.* (2002)]

Ces derniers secteurs du e-commerce sont loin d'être négligeables. La vente aux particuliers et le commerce interentreprises, représentent aujourd'hui les secteurs les plus porteurs de l'e-commerce, suscitant l'enthousiasme des médias, des investisseurs et du grand public. On s'intéresse dans nos travaux plus particulièrement à la vente pour les particuliers, le BtoC.

³source : http://www.declic.net/DECLIC/FO/40-Panorama/10-10_Definition.jsp

C.1.3 Critères d'évaluation et de mesure d'efficacité des sites de e-commerce

La qualité et l'exhaustivité de la présentation, la facilité de recherche, les possibilités de transactions en ligne, l'ergonomie et le suivi des commandes sont tous des critères de mesure de l'efficacité d'un site de e-commerce [Vandercammen (2006)]. Une cartographie des critères d'évaluation des sites de vente en ligne est présentée dans [Mennis (2001)] [Mennis (2005)]. Quatre grandes familles ont été définies :

Critères pour le Contenu informationnel : De nos jours, il existe sur la toile des informations fiables et mises à jour ou non maintenues. La qualité et la quantité d'information disponible sur le site web d'un e-commerce devient un critère de sélection et d'évaluation important pour les clients comme pour les managers. Ce critère se décline en un certain nombre de "sous-critères" qui sont : le volume (quantité d'information sur le site), la pertinence, l'accessibilité, la fréquence de mise à jour, etc.

Critères pour le Processus Client et de commande : Il est important pour un site de e-commerce de tester la prise de commande en ligne pour détecter d'éventuelles lacunes. Ce critère se décompose également, en un sous ensemble de critères tels que : la description des produits, l'affichage du caddie, le suivi de commande, la disponibilité des produits, le délai de livraison, etc.

Critères Techniques : Pour ce critère d'évaluation, on identifie trois catégories. La première concerne les aspects sécurité et paiement regroupant les sous critères suivants : la solution de paiement (banque,...), le protocole de sécurité utilisé (SSL, ...) et le mode de paiement utilisé (Carte bancaire, chèque,...). La deuxième catégorie concerne la facilité technique regroupant des sous critères comme la vitesse de téléchargement, le fonctionnement des formulaires, etc. La dernière catégorie est relative à la technologie utilisée (base de données, serveur, etc).

Critères ergonomiques Ils ont trait à toutes les caractéristiques relatives aux aspects visuels et conviviaux du site.

C.1.4 Les activités de marketing dans le e-commerce

Les besoins croissants des hommes en informations, savoirs, et connaissances, la réalité du terrain en entreprise, l'environnement politique, économique, sociologique, technologique et écologique en perpétuelle mouvance, suggèrent aux entreprises l'élaboration de plans d'actions et de stratégies innovantes visant à optimiser et faire évoluer leur Système d'Information pour une meilleure gouvernance des risques financiers et économiques. Dans cette perspective, l'intégration d'informations relatives à la satisfaction de leurs clients par rapport à leur offre est décisive.

En effet, l'objectif d'un cyber-consommateur est de trouver, parmi la panoplie de produits et de services proposés sur le web, celui qui lui procure le maximum de valeur. Il cherche à maximiser cette valeur dans la limite de l'information dont il dispose, de l'effort à fournir et de ses moyens financiers. Si le service ou le produit acheté délivre effectivement la valeur espérée, alors il y a

satisfaction. C'est en étudiant la valeur créée par ses clients que l'entreprise peut appréhender son environnement et comprendre les mécanismes et les tendances de son marché. Cette étude s'intègre par ailleurs dans le processus d'une activité clé du e-commerce, le marketing. En effet, du point de vue marketing, cette valeur représente l'ensemble des avantages qu'un client peut tirer du produit ou du service proposé par l'entreprise.

Commençons donc par définir cette activité essentielle pour les entreprises et en particulier dans le domaine du e-commerce.

Le marketing est né en réponse aux problématiques nouvelles rencontrées par les entreprises et notamment au besoin de conquérir une clientèle plus large, plus changeante et plus difficile à satisfaire [Vandercammen (2006)]. Il peut être défini comme étant l'ensemble des techniques permettant de faire correspondre l'offre (produit ou service) d'une entreprise avec les attentes des consommateurs pour accroître leur vente. Vandercammen caractérise le marketing ainsi [Vandercammen (2006)] :

“Le marketing est le souci dominant de satisfaire la demande en vue de réaliser le profit optimum durable. Le marketing comprend l'analyse prévisionnelle de la demande d'une part, et d'autre part, l'analyse et la mise en œuvre des moyens propres à la satisfaire dans les conditions de profit optimum définies à l'avance par les responsables de l'entreprise. L'alliance de ces deux soucis, la satisfaction de la demande et la création de profit, est caractéristique du marketing. (...) Avec le marketing, on passe du règne du quantitatif au règne du qualitatif. On s'intéresse à l'homme et à son comportement, à l'intérieur de l'entreprise et particulièrement à l'extérieur. En effet, définir le marketing comme étant fondamentalement le souci de la satisfaction de la demande implique une connaissance des besoins de cette demande, c'est-à-dire du consommateur”.

Toutefois, rappelons que nous sommes intéressés par le marketing dans une activité bien particulière, le e-commerce. Mary J. Cronin compte parmi les auteurs pionniers dans le domaine de l'utilisation de l'Internet dans les activités commerciales. Elle évoque dès 1994 la spécificité du marketing sur Internet en l'identifiant comme l'“intermarketing” [Cronin (1995)], néologisme basé sur les expressions Internet marketing et interactive marketing. D'autres termes sont aussi utilisés pour désigner le marketing relatif au e-commerce, tels que “E-marketing” pour électronique marketing [Borst (1996)] ou encore “cybermarketing”. Ce dernier a été proposé par Len Keeler [Keeler (1995)]. Il y associe une définition relativement large : “Cybermarketing means : using the power of online networks, computer communications, and digital interactive media to reach your marketing objectives”.

Nous retenons dans ce mémoire le terme de “e-marketing” et nous proposons de le définir comme désignant le domaine du marketing qui intègre les évolutions induites par les NTIC. Si le e-marketing utilise des techniques ayant des caractéristiques bien spécifiques, il ne remet pas totalement en cause le marketing au sens classique. Il reste à l'instar du marketing, centré sur le client et sa satisfaction.

Face aux défis que constituent la capitalisation, l'expansion technologique et l'assouplisse-

ment des règles qui régissent l'activité économique, l'entreprise peut orienter ses activités selon différentes optiques ou stratégies [[Vandercammen \(2006\)](#)] :

- L'optique **production** qui suppose que le client, le cyber-consommateur dans notre cas, choisit les produits en fonction de leur prix et leur disponibilité. L'entreprise cherche dans ce cas à minimiser ses coûts et maximiser son rendement,
- L'optique **produit** qui considère que le consommateur choisit le produit ou le service aux meilleures qualités. L'entreprise s'oriente vers une stratégie de développement et d'amélioration de la qualité des produits,
- L'optique **vente** qui estime que l'entreprise doit faire des efforts pour encourager le consommateur à acheter. Dans cette optique, l'entreprise cherche à générer un volume de vente suffisant de ses produits par le biais des techniques du marketing (promotions, publicité, etc.),
- L'optique **marketing** considère que l'efficacité de l'entreprise réside dans sa capacité à fournir de la valeur à ses clients.

Une étude comparative de ces différentes stratégies a été proposée dans [[Vandercammen \(2006\)](#)]. Elle est résumée sur la figure [C.4](#).

C.1.5 Les activités de benchmarking dans le e-commerce

Face à un client très actif et ultra exigeant, un environnement concurrentiel de plus en plus accru, les managers de sites de ventes en ligne se doivent non seulement d'améliorer leur qualité de service ainsi que leur capacité à répondre aux besoins réels des consommateurs, mais aussi de se positionner et de se comparer par rapport à d'autres sites concurrents en faisant de la veille concurrentielle. On parle alors d'activités de benchmarking ou d'analyse comparative.

Le benchmarking est une méthode développée au début des années 80 par la société Xerox pour une prise de décision concernant un investissement lourd destiné à moderniser la gestion des stocks ². Le benchmarking consiste en la comparaison aux entreprises réalisant, de la manière la plus performante, un processus ou une tâche donnée, à étudier leur mode de fonctionnement et à s'en inspirer pour s'améliorer.

Il s'agit notamment de comparer et mesurer les éléments et les dimensions du processus que l'on étudie dans l'entreprise par rapport à ceux des concurrents (réels ou potentiels) afin de déterminer les différences et les écarts, d'en identifier les causes, de valider le progrès réalisé et transposer les différences observées et de fixer ainsi les objectifs de progression à atteindre.

Nous avons retenu la définition suivante proposée par [[Balm \(1994\)](#)] :

“Le benchmarking est un processus par lequel une petite équipe de personnes peut aider l'entreprise à entrer efficacement dans une démarche d'amélioration continue et l'aider à devenir la

²<http://www.3ie.org>

	OPTIQUE PRODUCTION	OPTIQUE PRODUIT	OPTIQUE VENTES	OPTIQUE MARKETING
PRIORITÉ DONNÉE	Aux impératifs de production	À la qualité des produits	Aux techniques de publicité, de promotion et à la force de vente	Aux consommateurs
CHOIX DU CONSOMMATEUR	Sélection sur base du prix et de la disponibilité	Sélection sur base de la meilleure performance	Sélection sur base de la pression marketing	Sélection sur base de la valeur apportée
GAMME DE PRODUITS	Étroite	Étroite	Étroite	Plus large
ORGANISATION	Centralisée et focalisée sur l'accroissement de la capacité de production	Centralisée et consacrée à l'amélioration du produit	Centralisée pour la publicité et la promotion, décentralisée pour la force de vente	Décentralisée
OBJECTIFS	Analyse de phénomènes internes	Améliorer la qualité de production	Faire acheter	Analyse de phénomènes externes
RECHERCHE	Orientée vers les techniques	Orientée vers les techniques	Orientée vers la publicité et la promotion	Orientée vers le marché
OBJECTIFS FINANCIERS	Axés sur les coûts	Recherche de qualité et équilibre entre les coûts et la recherche	Axés sur les bénéfices tirés du volume de vente	Moins axés sur les coûts et bénéfices tirés de la satisfaction du client
DÉVELOPPEMENT DE NOUVEAUX PRODUITS	Sur base des améliorations techniques	Sur base des améliorations techniques	Rare, il s'agit de faire vendre les produits existants	Sur base des désirs des consommateurs
CONCEPTION DES PRODUITS	Définis par leurs performances et leur utilisation	Définis par leurs performances	Rare, il s'agit de faire vendre les produits existants	Définis par leur style et leur aspect

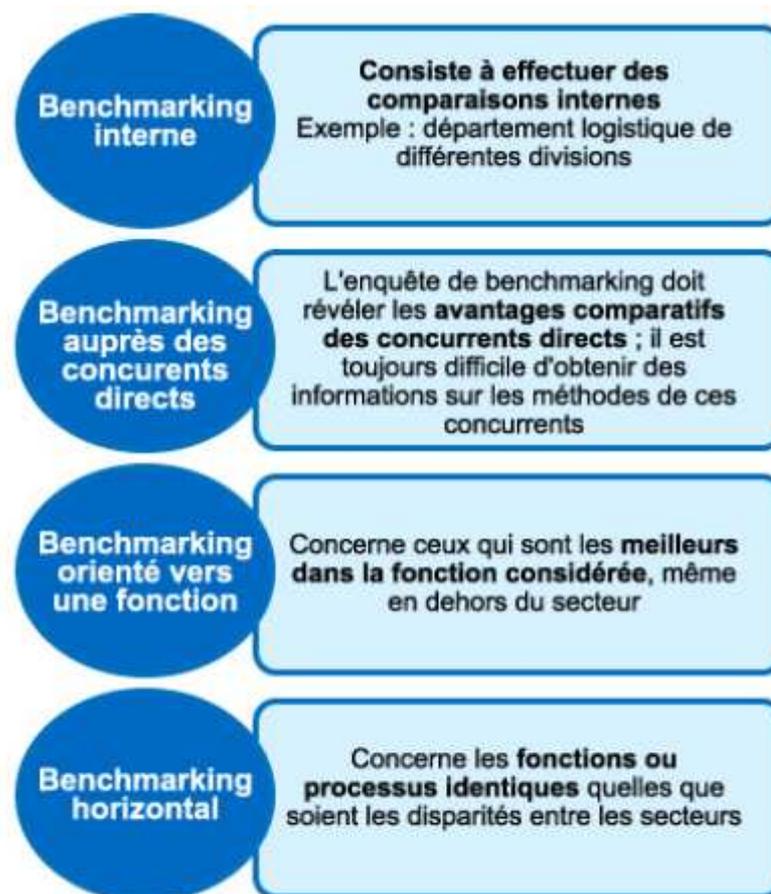
FIG. C.4 – Comparaison entre les différentes optiques, source [Vandercammen (2006)]

meilleure des meilleures. Elle y parvient en maîtrisant parfaitement ses processus (ou produits et services), en trouvant les entreprises qui sont les meilleures dans ce qu'elles font, en apprenant quelles sont les performances de ces entreprises en fonction des critères axés sur la demande du client, en comprenant comment elles ont atteint de tels niveaux de performance et en adaptant les meilleures de ces idées à ses propres processus”.

Ainsi, l'objectif de l'analyse comparative est d'appuyer d'une part les managers de l'entreprise, du e-commerce, lors de la prise de décision, en confortant les décisions stratégiques, améliorant la compétitivité, réduisant les coûts, améliorant le niveau de satisfaction de la clientèle, etc. D'autre part, il s'agit de valider le progrès réalisé au sein d'une démarche d'amélioration. Il existe différentes orientations de benchmarking :

- Le Benchmarking Interne
- Le Benchmarking Compétitif ou concurrentiel
- Le Benchmarking Fonctionnel
- Le Benchmarking Horizontal

Ces orientations du benchmarking sont résumées sur la figure C.5. Il existe, toutefois une autre vision du benchmarking, complémentaire de la première, qui distingue l'analyse comparative selon qu'elle se rapporte à l'analyse des processus, l'analyse du rendement et l'analyse



(F. Jakobiak - Le Benchmarking, trad. Fr, éd. d'Organisation)

FIG. C.5 – Orientations du benchmarking, source <http://www.3ie.org>

stratégique³ :

- L'analyse comparative des **processus** s'intéresse aux procédés de travail concrets comme par exemple la facturation, la façon d'exécuter une commande, le recrutement ou la planification stratégique,
- L'analyse comparative du **rendement** permet à un site de e-commerce de se situer vis-à-vis de ses concurrents à l'aide de comparaisons de produits et de services. Cette analyse repose principalement sur des comparaisons directes de produits ou de services, elle porte par exemple sur le prix, la qualité technique ou des caractéristiques du service comme la rapidité, la fiabilité et d'autres mesures de performance,
- L'analyse comparative **stratégique** porte sur la façon dont les entreprises se font concurrence.

³http://www.allbodies.com/Chroniques/analyse_comparative/chro3.shtml

Nous nous intéressons dans nos travaux au “benchmarking Compétitif” (Figure C.5) et plus spécifiquement à “l’analyse comparative du rendement”. Par ailleurs, nous avons vu que les sites de e-commerce peuvent être évalués selon un certain nombre de critères. Ainsi, il s’agit dans notre cas d’une orientation particulière du benchmarking concurrentiel des performances qui consiste à identifier les critères selon lesquels des sites de e-commerce concurrents se sont démarqués dans un espace d’évaluation multi dimensionnel et ce en se basant sur des mesures de la satisfaction des cyber-consommateurs.

Enfin, le benchmarking est un processus qui se déroule en plusieurs étapes⁴[Jakobiak (2006)]. Comme pour le cas du marketing, il s’agit tout d’abord d’évaluer ses propres indicateurs de performance ou ce qu’on appelle l’auto-diagnostic et de mettre en avant les points forts et les points faibles de l’entreprise. Il faut identifier par la suite, les e-commerces concurrents cibles auxquels il faut se comparer et recueillir les données permettant d’assurer une comparaison pertinente et les capitaliser par le biais d’une base de données dédiée au benchmarking par exemple. A partir des connaissances collectées, l’équipe de benchmarking devra déterminer l’écart entre les indicateurs de performances de son e-commerce et ceux des concurrents, puis identifier les objectifs et les plans d’actions d’amélioration.

Le benchmarking est un processus qui évolue en boucle : l’entreprise se doit de réaliser un suivi continu des résultats de la démarche d’amélioration en cours, ainsi que des évolutions des entreprises auxquelles elle se compare².

⁴www.allbodies.com/Chroniques/analyse_comparative/chro4.shtml

Bibliographie

AKHARRAZ, A. (2004). *Acceptabilité de la décision et risque décisionnel : Un système explicatif de fusion d'information par l'intégrale de Choquet*. Ph.D. thesis, Université de Savoie, Annecy, France.

1.2.3, 1.4.1.1, 1.4.2.1, 1.4.2.2, 2.3.1, 2.4

AKHARRAZ, A., MAURIS, G. & MONTMAIN, J. (2002). A project decision support system based on an elucidative fusion system. In *Proceeding of the fifth Int.conference on Information Fusion (ICIF)*, 593–599, Annapolis, USA.

2.4

AMGOUD, L. & PRADE, H. (2004). Using arguments for making decisions : A possibilistic logic approach. In *Proceedings of the 20th Conf. of Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI'04)*.

1.3.4

ANGILELLA, S., GRECO, S., LAMANTIA, F. & MATARAZZE, B. (2003). Assessing non additive utility for multicriteria decision aid. *European Journal of Operational Research*, **158**, 734–744.

3.6

BALM, J. (1994). *Évaluer et améliorer ses performances. Le Benchmarking*. AFNOR.

C.1.5

BANA E COSTA, C. (1992). *Structuration, construction et exploitation d'un modèle multicritère d'aide la décision*. Ph.D. thesis, Universidade Técnica de Lisboa.

2.3.1, 3.4.2.4

BANA E COSTA, C. & CHANGAS, M. (2004). A career choice problem : an example of how to use macbeth to build a quantitative value model based on qualitative value judgements. *European journal of Operational Research*, **153**, 323–331.

2.3.1, 3.4.2.4

BANA E COSTA, C. & VANSNICK, J. (1997). Applications of the macbeth approach in the framework of an additive aggregation model. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, **6**, 107–114.

2.3.1, 3.4.2.4

BAUDRIT, C. (2005). *Représentation et propagation de connaissances imprécises et incertaines : Application à l'évaluation des risques liés aux sites et sols pollués*. Ph.D. thesis, Université Paul Sabatier, Toulouse.

1.5.3

BERST, J. (1996). The long, slow road to e-commerce. *PC Week Online*.

C.1.4

BOSC, P., DUBOIS, D. & PRADE., H. (1993). An introduction to fuzzy sets and possibility theory based approaches to the treatment of uncertainty and imprecision in database management systems. In *Proceedings of the 2nd Workshop on Uncertainty Management in Information Systems : From needs to solutions*, Catalina, CA, USA.

1.5.2.2

BOUCHON-MEUNIER, B. (1999). *La Logique floue*. Que sais-je ?

1.5.1

BOUCHON-MEUNIER, B. & NGUYEN, H.T. (1996). *Les incertitudes dans les systèmes intelligents*. Que sais-je ?

1.5.1

CRONIN, M.J. (1995). *Doing more Business on the Internet : How the electronic Highway is transforming American companies*. Wiley, 2nd edition.

C.1.4

DASARATHY, B. (2000). Elucidative fusion systems an exposition. *Information Fusion*, **1**, 5–15.

1.3.4

DE KLEER, J. & BROWN, J.S. (1984). A qualitative physics based on confluences. *Artificial Intelligence*, **24**, 7–83.

1.3.4

DEMPSTER, A. (1967). *Annals of Mathematical Statistics*, chap. Upper and Lower probabilities induced by multivalued mapping, 325–339.

1.5.3

DENGUIR, A., TARDY, J. & MONTMAIN, J. (2004). Contrôle de la dynamique d'un processus décisionnel par la phase d'information : Application à la gestion d'un appel d'offres. In *Rencontres francophones sur la logique floue et ses applications, (LFA04)*, 363–370, Nantes, France.

1.4

DENGUIR-REKIK, A., MAURIS, G. & MONTMAIN, J. (2005a). E-commerce recommendation functionalities : handling uncertainty in a multi-criteria decision-making support system. In *Fourth Int. conf. of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT'05)*, 997–1002, Barcelona, Spain.

1.3.4

DENGUIR-REKIK, A., MONTMAIN, J. & MAURIS, G. (2005b). How deriving benefits from expert advices to make the right choice in multi-criteria decisions based on the choquet integral.

In *Proceedings of European Workshop on the use of expert judgement in decision making*, 23–33.

1.3.4

DENGUIR-REKIK, A., MONTMAIN, J. & MAURIS, G. (2006). E-commerce site evaluations, comparisons and recommendations within a possibilistic framework. In *The 11th Int. conf. on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IP-MU'06)*, 770–777, Paris, France.

1.3.4

DENIS, J.E., GRABER, S. & CZELLAR, S. (2001). Orientation vers le marché (ovm), qualité des services et satisfaction des clients dans le secteur du private banking (pb). In *3rd International Private Banking Retreat*.

3.2.5

DHOLAKIA, N., FRITZ, W. & DHOLAKIA, R.R. (2002). *Global E-Commerce and Online Marketing- Watching the Evolution*. Quorum Books.

(document), C.1.2, C.3

DOISE, W. & MOSCOVI, S. (1992). *Dissensions et consensus*. Ed. PUF.

1.3.4

DUBOIS, D. (1983). *Modèles mathématiques de l'imprécis et de l'incertain en vue d'applications aux techniques d'aide à la décision*. Ph.D. thesis, Institut National Polytechnique, Grenoble.

1.3.3

DUBOIS, D. & GENTIL, S. (1994). Intelligence artificielle pour l'automatique. *Revue d'Intelligence Artificielle*, **8**, 1–27.

1.3.4

DUBOIS, D. & PRADE, H. (1982). On several representations of uncertain bodyevidence. *Fuzzy Information and Decision Processes*, 167–181.

2.2.2.2

DUBOIS, D. & PRADE, H. (1985). A review of fuzzy set aggregation connectives. *Information Sciences*, **36**, 85–121.

1.3.3

DUBOIS, D. & PRADE, H. (1986a). Fuzzy sets and statistical data. *European Journal of Operational Research*, **25**, 345–356.

A, A

DUBOIS, D. & PRADE, H. (1986b). A set-theoretic view of belief functions : logical operations and approximations by fuzzy sets. *International Journal of General Systems*, **12**, 193–226.

2.2.2.2

- DUBOIS, D. & PRADE, H. (1987). The mean value of a fuzzy number. *Fuzzy Sets and Systems*, **24**, 279–300.
2.2.2.2, 2.3.2, B
- DUBOIS, D. & PRADE, H. (1988a). Representation and combination of uncertainty with belief functions and possibility measures. *Computational Intelligence*, **4**, 244–264.
1.5.3, A
- DUBOIS, D. & PRADE, H. (1988b). *Théorie des possibilités. Application à la représentation des connaissances en informatique*.
1.5.1, 2.2.2, 2.3.2, 3.5.2.2, A, B, B
- DUBOIS, D. & PRADE, H. (1994). *Logique Floue*. Série Arago. Observatoire français des techniques avancées.
1.5.2.1
- DUBOIS, D. & PRADE, H. (2001). La problématique scientifique du traitement de l'information. *Information-Interaction-Intelligence*, **1**.
1.5.1, 1.6, 1.6, 1.7
- DUBOIS, D., PRADE, H. & SANDRI, S. (1993). *On possibility/probability transformations*. Fuzzy Logic : State of the Art (R. Lowen, M. Roubens, eds.).
A
- DUBOIS, D., GRABISCH, M., PRADE, H. & SMETS, P. (2001). Using the transferable belief model and a qualitative possibility theory approach on an illustrative example : The assessment of the value of a candidate. *International Journal of Intelligent Systems*, **16**, 1245–1272.
3.6
- DUBOIS, D., FOULLOY, L., MAURIS, G. & PRADE, H. (2004). Probability-possibility transformations, triangular fuzzy sets and probabilistic inequalities. *Reliable Computing*, **10**, 273–297.
A
- FERAY-BEAUMONT, S., LEYVAL, L. & GENTIL, S. (1989). Declarative modelling for process supervision. *Revue d'Intelligence Artificielle*, **3**, 135–150.
1.3.4
- FULLÉR, R. & MAJLENDER, P. (2003). On weighted possibilistic mean and variance of fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, **136**, 363–374.
2.2.3.1
- GRABISCH, M. (1996). The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making. *European journal of Operational Research*, **89**, 445–456.
2.3.1

- GRABISCH, M. (1997a). Alternatives representation of discrete fuzzy measures for decision making. *Int. J. of Uncertainty Fuzziness and Knowledge Based Systems*, **5**, 587–607.
[2.3.1](#), [2.3.1](#)
- GRABISCH, M. (1997b). K-ordered discrete fuzzy measures and their representation. *Fuzzy sets and systems*, **92**, 167–189.
[2.3.1](#)
- GRABISCH, M. (2005). Une approche constructive de la décision multicritère. *I-Revues INIST-CNRS, Traitement du Signal*, **22**, 321–337.
[1.3.2](#)
- GRABISCH, M. & PERNY, P. (2003). *Logique floue, principes, aide à la décision*, chap. Agrégation multicritère. Traité IC2, série informatique et systèmes d'information.
[1.3.2](#)
- GRABISCH, M., NGUYEN, H. & WALKER, E. (1994). *Fundamentals of uncertainty calculi with applications to fuzzy inference*. Dordrecht, Kluwer Academic.
[\(document\)](#), [2.3.2](#), [B](#), [B.1](#), [B.2](#), [B.3](#)
- GRABISCH, M., LABREUCHE, C. & VANSNICK, J. (2003). On the extension of pseudo boolean function for the interacting bipolar criteria. *European Journal of Operational Research*, **148**, 28–47.
[2.3.1](#)
- GRIGOROUDIS, E. & SISKOS, Y. (2002). reference disaggregation for measuring and analyzing customer satisfaction : The musa method. *European Journal of Operational Research*, **143**, 148–170.
[3.2.5](#)
- IWASAKI, Y. & SIMON, H. (1986). Causality in device behavior. *Artificial Intelligence*, **29**, 3–32.
[1.3.4](#)
- JAKOBIAK, F. (2006). *L'intelligence économique. La comprendre, l'implanter, l'utiliser*. Editions d'organisation.
[C.1.5](#)
- KEELER, L. (1995). *Cybermarketing : Internet E-Mail Cd-Rom Online Services Edi Advertising Market Research Publicity Sales Customer Service and More*. American Management Association.
[C.1.4](#)
- KONING, J. (1990). *Un mécanisme de gestion de règles de décision antagonistes pour les systèmes à base de connaissances*. Ph.D. thesis, Université Paul Sabatier, Toulouse.
[1.3.3](#)

LABREUCHE, C. (2005). Argumentation of the results of a multicriteria evaluation model in individual and group decision aiding. In *Fourth Int. conf. of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT'05)*, 482–487.

1.3.4

LABREUCHE, C. (2006). Argumentation of the decision made by several aggregation operators based on weights. In *The 11th Int. conf. on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU'06)*, 683–690.

1.3.4

LASSERRE, V. (1999). *Modélisation floue des incertitudes de mesures de capteurs*. Ph.D. thesis, Université de Savoie.

1.5.3

LEADERSHIPFACTOR (2004). The guide to customer satisfaction measurement.

(document), 3.2.5, 3.2

LEGOHÉREL, P. & CALLOT, P. (1999). *Le capital humain : dimensions économiques et managériales*, chap. Comportement, performance et évaluation, 83–92. Presses de l'université d'Angers.

1.5.1

LEVINE, P. & POMEROL, J.C. (1989). *Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts*. Hermes Sciences Publications.

1.2.1

LEYVAL, L., GENTIL, S. & FERAY-BEAUMONT, S. (1994). Model based causal reasoning for process supervision. *Automatica*, **30**, 1295–1306.

1.3.4

LORENTZ, F. (1999). *La nouvelle donne du commerce électronique : réalisations 1998 et perspectives*. Mission pour le Commerce Electronique : Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

C.1.1

MARICHAL, J.L. (2006). *Concepts et Méthodes pour l'Aide à la Décision Volume 3*, chap. Fonctions d'agrégation pour la décision. IC2 Series, Hermès Science Publications.

1.3.3, 2.3.1, 2.3.1

MASSON, M.H. (2005). *Apport de la théorie des possibilités et des fonctions de croyance à l'analyse des données imprécises*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches.

1.5.3

- MAURIS, G., BERRAH, L., FOULLOY, L. & HAURAT, H. (2000). Fuzzy handling of measurement errors in instrumentation. *IEEE Transactions on instrumentation and measurement*, **49**, 89–93.
[3.5.2.2, A](#)
- MCNEE, S., LAM, S., GUETZLAFF, C., KONSTAN, J. & RIEDL, J. (2003). Confidence displays and training in recommender systems. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, 176–183.
[3.1, 3.3.1](#)
- MENNIS, A. (2001). Les critères d'évaluation d'un site d'e-commerce. In *Int. AMSE Conf. CSS'01*, vol. 2, 627–646.
[3.2.2, C.1.3](#)
- MENNIS, A. (2003). Le commerce électronique et les changements organisationnels : quelques aspects de la problématique. In *8ème Colloque de l'AIM'03*.
[C.1.2](#)
- MENNIS, A. (2005). *Le Commerce Electronique : construction d'une approche d'évaluation et de conception pour la prise de décision de sa mise en oeuvre*. Ph.D. thesis, Université Pierre Mendès-France de Grenoble.
[3.2.2, C.1.2, C.1.3](#)
- MEYER, P. & ROUBENS, M. (2006). On the use of the choquet integral with fuzzy numbers in multiple criteria decision support. *Fuzzy Sets and Systems*, **157**, 927–938.
[2.3.2](#)
- MONTMAIN, J. (2000). *Des modèles pour la supervision*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches.
[1.3.4](#)
- MONTMAIN, J. & GENTIL, S. (2000). Dynamical causal model diagnostic reasoning for online technical process supervision. *Automatica*, **36**, 1137–1152.
[1.3.4](#)
- MONTMAIN, J., AKHARRAZ, A. & MAURIS, G. (2002). Knowledge management as a support for collective decision-making and argumentation processes. In *9th Int. Conf. on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based systems (IPMU'2002)*, 91–98, Annecy, France.
[1.4.2.1](#)
- MOTRO, A. (1993). Sources of uncertainty in information systems. In *the 2nd Workshop on Uncertainty Management and Information Systems : From Needs to Solutions*, Catalina Island, CA.
[1.5.1](#)

- MOUSSEAU, V. (2003). *Elicitation de préférences pour l'aide multicritère à la décision*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches.
1.3.1
- OUSSALAH, M. (2000). On the probability/possibility transformations : A comparative analysis. *Int. Journal of General Systems*, **29**, 671–718.
A
- POMEROL, J.C. & BARBA-ROMERO, S. (1993). *Choix multicritère dans l'entreprise*. Hermès Sciences Publications.
1.3.2
- PRADE, H. (2005). Qualitative evaluation of decisions in an argumentative manner- a general discussion in unified setting. In *Fourth Int. conf. of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT'05)*, 1003–1008, Barcelona, Spain.
1.3.4
- ROUSSEAU, L. (2003). *Comparaison de points de vue pour la formulation de problèmes*. Ph.D. thesis, Université Paris Dauphine.
1.2
- ROY, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Economica.
1.2.2, 1.3.2, 1.6
- ROY, B. (1993). Decision science or decision aid science ? *European Journal of Operational Research*, **66**, 184–203.
1.2
- ROY, B. (2000). In *Decision, Prospective Auto-Organisation, Mélanges en l'honneur de J. Lesourne, Thépot J., Godet M., Roubelat F. et Saab A.E.*, chap. Réflexions sur le thème, quête de l'optimum et aide à la décision. Dunod (Eds.).
1.3.2
- ROY, B. & BOUYSSOU, D. (1993). *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas*. Economica.
1.2.2, 1.2.3
- SCHAFFER, J., KONSTAN, J. & RIEDL, J. (1999). Recommender systems in e-commerce. In *Proceedings of the ACM'1999 Conference on Electronic Commerce*.
3.3.1
- SCHAFFER, J., KONSTAN, J. & RIEDL, J. (2001). E-commerce recommendation applications. *Journal of Data Mining and Knowledge Discovery*.
3.3.1
- SCHAFFER, J.B. (2005). *The Application of Data-Mining to Recommender Systems*. Ph.D. thesis, University of NorthernIowa.
3.3.1

- SCHARLIG, A. (1985). *Décider sur plusieurs critères. Panorama de l'aide à la décision multicritère*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
1.3
- SETÓ, D. & BARBERÀ, M. (2003). Customer loyalty in services : An approximation by means of fuzzy logic. *Fuzzy Economic Review*, **8**, 25–38.
3.2.5
- SFEZ, L. (1992). *Critique de la décision*. Presses de la Fondation des sciences politiques.
1.2.1
- SHAFER, G. (1976). *A mathematical theory of evidence*. Princeton University Press.
1.5.3, 2.2.2.2, 2.2.2.2
- SIMON, H. (1947). *Administrative behaviour : a study of Decision Making Processes in Administrative Organizations*. Mac Millan, New York.
1.2.1
- SMETS, P. (1997). *Uncertainty Management in Information Systems*, chap. Imperfect information : Imprecision - Uncertainty, 225–254. Kluwer Academic Publishers.
1.5.1
- TARDY, J. (2004). *Contrôle d'un processus décisionnel multicritère par la phase d'information*. Master's thesis, Université Montpellier II.
1.4
- TERVEEN, L. & HILL, W. (2001). Beyond recommender systems : helping people help each other. In *HCI in the milenium*, J. Carroll, 1–21, Addison-Wesley.
3.1, 3.3.1
- TSOUKIÀS, A. (2003a). From decision theory to decision aiding methodology. Tech. Rep. 21, DIMACS, Rutgers University.
1.2, 1.2.2, 1.2.3
- TSOUKIÀS, A. (2003b). On the concept of decision aiding process. Tech. rep., DIMACS, Rutgers University.
1.2, 1.2.1, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3
- TURBAN, E. (1994). *Decision Support and Expert Systems : Management Support Systems*. Prentice-Hall, Inc.
1.2.1
- VALET, L. (2001). *Un système flou de fusion coopérative : application au traitement d'images naturelles*. Ph.D. thesis, Université de Savoie.
1.3.4

- VANDERCAMMEN, M. (2006). *Marketing- L'essentiel pour comprendre, décider, agir*. DE BOECK, 2e édition.
(document), 3.2.2, 3.2.3, C.1.2, C.1.3, C.1.4, C.4
- YAGER, R.R. (2002). Defending against strategic manipulation in uninorm-based multi-agent decision making. *European Journal of Operational Research*, **141**, 217–232.
1.4.1.1
- ZADEH, L. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, **1**, 3–28.
1.5.3, 2.2.2, 2.3.2, B
- ZADEH, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, **8**, 338–353.
2.2.2
- ZOLLO, G., CANNAVACCIUOLO, A. & CAPALDO, G. (1996). The organizational evaluation process. *Fuzzy Economic Review*, **1**, 3–30.
3.2.5
- ZOLLO, G., IANDOLI, L. & CANNAVACCIUOLO, A. (1999). The performance requirements analysis with fuzzy logic. *Fuzzy Economic Review*, **4**, 35–69.
3.2.5

Résumé

Cette thèse se situe dans le cadre d'un processus d'aide à la décision multicritère et multi-acteurs. Elle porte sur la gestion de certains aspects de l'incertitude inhérente à l'évaluation multicritère dans un tel processus. Nous proposons à cet égard une modélisation et une formalisation mathématique de ce processus via une représentation possibiliste des évaluations. Nous avons également proposé de caractériser les distributions de possibilité relatives aux évaluations des différents critères par un ensemble d'indicateurs de description tels que l'imprécision, la divergence, etc., permettant ainsi une interprétation quantitative plus aisée pour le décideur. Nous avons considéré des opérateurs d'agrégation de la famille de l'intégrale de Choquet pour propager les distributions d'évaluations de critère ainsi que les indicateurs de description de distribution, en raison de leur capacité à prendre en compte des interactions entre les critères tout en gardant un caractère de moyenne "généralisée" aisément compréhensible par le décideur. Concernant la propagation des indicateurs, nous avons établi deux théorèmes clés, l'un portant sur l'union des valeurs supérieures et inférieures de l'intervalle moyen d'une distribution de possibilité et l'autre sur l'imprécision moyenne d'une distribution de possibilité la définissant comme la somme des imprécisions moyennes de distributions partielles adjacentes dont elle est l'union. Par ailleurs, Le concept d'explication de la décision a particulièrement constitué le noyau de notre modèle de processus d'aide à la décision. Ainsi à partir des théorèmes établis, nous avons proposé des fonctionnalités explicatives basées sur une quantification de la contribution d'indicateurs décisionnels des évaluations de critères à l'évaluation globale. Nous avons ainsi montré que chaque indicateur relatif à la distribution de l'évaluation globale s'écrit simplement comme une somme pondérée de contributions de critères.

Sur le plan applicatif, nous nous sommes intéressés à la formalisation du processus de gestion de mesures de satisfaction de clients dans le contexte de la e-recommandation pour le e-commerce. Nous avons présenté une méthode d'évaluation multicritère des sites de e-commerce par une communauté d'internautes qui permet à la fois de prendre en compte l'importance relative des critères d'évaluation et les interactions entre ceux-ci, mais aussi de gérer différents aspects de l'incertitude inhérents à ce processus d'évaluation. Nous avons développé un prototype logiciel servant de support d'aide à la décision. Cet outil labellisé "Feedback Based Recommendation System" (FBR) permet de fournir aux managers d'un site de e-commerce, en particulier les équipes marketing et benchmarking, des éléments qui leur permettent de comprendre les scores qui ont été attribués à leur site lors de l'évaluation par les clients. Nous avons montré comment il est alors possible d'identifier les critères les plus influents dans cette évaluation et comment utiliser cette analyse de contributions à des fins de suivi et de management des performances par les responsables marketing et benchmarking. Ces fonctionnalités sont ainsi une base de travail pour ces derniers pour améliorer les stratégies existantes.

Abstract

This thesis is situated within the framework of a multi criteria and multi-actors decision making process. It concerns the management of certain aspects of the uncertainty inherent to the multi criteria evaluation in such a process. We propose a modelling and a mathematical formalization of this process via a possibilistic representation of the evaluations. We also suggested characterizing the possibility distributions relative to the evaluations of the various criteria by a set of description indicators such as the imprecision, the divergence, etc., so allowing an easier quantitative interpretation for the decision-maker. We considered aggregation operators of the family of the Choquet integral to propagate the distributions relative to criteria evaluations as well as the description indicators of distribution, because of their capacity to take into account interactions between criteria while keeping a character of "generalized" average easily understandable by the decision-maker. Concerning the propagation of indicators, we established two key theorems, the one concerning the union of the superior and lower values of the mean interval of a possibility distribution and the other one the mean imprecision of a possibility distribution. Besides, the concept of explanation of the decision particularly constituted the kernel of our model of decision making process. So from the established theorems, we proposed explanation features based on a quantification of the contribution of decision-making indicators of the criteria evaluations to the global evaluation. We so showed that each indicator concerning the global evaluation distribution is simply written as a weighted sum of criteria contributions.

As application software, we were interested in the formalization of the process of management of customers' satisfaction measures in the context of the e-recommendation for the e-commerce. We presented a method of multi criteria valuation of the e-commerce sites by Internet users' community which allows at the same moment to take into account the relative importance of the evaluation criteria and the interactions between these, but also to manage various aspects of the uncertainty inherent to this process of evaluation. We developed a software prototype serving as decision support system. This system named "Feedback Based Recommendation System" (FBR) allows to supply the managers of an e-commerce site, in particular the marketing and benchmarking teams, elements which allow them to understand the scores which were attributed to their site during the evaluation by the customers. We showed how it is then possible to identify the most decisive criteria in this evaluation and how to use this contributions analysis in the monitoring and management of the performances by the marketing and benchmarking managers. These features are a working base for them to improve the existing strategies.