

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Faculté des sciences économiques, commerciales
et des sciences de gestion

THESE

Pour l'obtention du grade de

DOCTEUR EN SCIENCES ECONOMIQUES

Spécialité : Gestion des opérations et de la production

Décision financière et analyse multicritère

Etude du cas de la constitution d'un portefeuille d'action (la bourse de Tunis), de l'octroi de crédit (l'ANSEJ)

Dirigée par : **Pr. Belmokaddem Mustépha**

Présentée par : **Mme Harem née Halimi Wahiba**

Devant un jury composé de :

Pr Bounoua Chouaib	Président	Université de Tlemcen
Pr Belmokaddem Mustépha	Encadreur	Université de Tlemcen
Dr Yahia Berrouiguet Abdelkrim	Examineur	Université de Tlemcen
Dr Souar Youcef	Examineur	Université de Saida
Dr Mokhtari Fayçal	Examineur	Université de Mascara
Dr Bachounda Rafik	Examineur	Université de Sidi Belabesse

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon encadreur de thèse Mustapha Belmokadem qui m'a apporté une aide ponctuelle mais efficace et qui a su chaque fois me redonner de l'élan pour poursuivre mes travaux de recherche.

Ensuite je remercie Alexander Engau Docteur à l'université de Colorado Denver – Département de mathématique et des statistiques – Les états unis et Mr Carlos Antonio Bana e Costa Professeur département de génie et de gestion, l'institut supérieur Technique Université de Lisbonne – Portugal, Mr Brice Mayag responsable des logiciels à l'université de Paris Dauphine (France), qui m'ont aidé à mieux cerner la problématique d'étude ensuite à tracer le chemin à suivre pour l'étudier en me poussant à me familiariser avec les méthodes multicritères requises et les logiciels qui vont avec.

Je souhaite remercier aussi Monsieur Aouni Belaid pour son précieuse aide et son encouragement, Monsieur Amine Belabed Doctorant à la faculté des sciences Université de Tlemcen pour son temps.

Je ne saurais assez exprimer mes remerciements les plus sincères aux membres de jury Mr Bounoua Chouaib d'avoir accepté de présider le jury, Mr Yahia Berrouiguet Abdelkarim , Mr Souar Youcef , Mr Mokhtari Faicel et Mr Bachounda Rafique qui ont bien accepté d'évaluer ce travail.

Toute mon affection et ma reconnaissance à mes parents, mes frères et sœurs ainsi qu'à mon époux pour m'avoir permis d'en arriver là.


Je remercie tous mes collègues.

**A mes parents, mes frères, mes sœurs,
mon époux et ma fille**

Table des matières

Remerciements	I
Dédicaces	II
Tables des matières	III
Liste des figures	XIII
Liste des tableaux	XV
Introduction générale	1
Partie I : L'aide à la décision –de l'analyse monocritère vers l'analyse multicritère	14
Chapitre I : La nécessité d'une analyse multicritère	14
Introduction	14
I.1 Généralités	14
I.1.1 La Décision	14
a. Définition.....	14
b. Classification des décisions (Typologie).....	14
1. Selon le niveau (sur le quel sont prises les décisions).....	14
2. Selon la portée de la décision.....	15
3. Selon le degré d'incertitude.....	15
4. Selon le niveau de structuration.....	16
c. Approches de la décision.....	18
1. Les approches systémiques.....	18
2. Les approches analytiques ou prescriptives ou axiomatiques.....	18
3. Les approches descriptives.....	19
I.1.2 Processus de décision et Aide à la décision	19
a. Processus de décision.....	19
b. Aide à la décision.....	20
b.1. Définition.....	20
b.2. Concepts Fondamentaux.....	21
• Les acteurs.....	21
• Les actions.....	21

• Les critères.....	22
I.2 L'aide Monocritère à la décision et ses anomalies.....	22
I.2 . 1. L'analyse monocritère.....	22
I.2. 2. Constatations sur l'approche monocritère.....	23
a. Des problèmes bien posés à la recherche de solution optimale excluant les préférences du décideur.....	23
b. La sensibilité de la décision.....	23
I.2. 3. L'analyse Multicritère.....	24
Conclusion.....	25
Chapitre II: L'aide Multicritère à la décision.....	25
Introduction.....	25
II.1. Les différentes problématiques du champ théorique de l'aide à la décision.....	26
II.1.1 Problématique du choix(ou de sélection) $P.\alpha$	26
II.1. 2. Problématique du tri $P.\beta$	28
II.1. 3. Problématique du rangement $P.\gamma$	30
II.1. 4. Problématique de la description $P.\delta$	31
II.1. 5. Choix de la problématique.....	32
a) Ceux ayant trait aux invariants caractéristiques de l'état d'avancement du processus de décision.....	33
b) Ceux découlant de la portée et des limites de la phase d'étude.....	33
c) Ceux liés à la modélisation des actions et de l'ensemble A.....	33
II.2. Les méthodes classique de résolution.....	35
II.2.1 La méthode des élections.....	35
II. 2. 2 La méthode de la somme pondérée.....	37
II.2. 3 La méthode catégorique (categorical method).....	38
II.2.4 La méthode de « La Cost-Ratio Method »	40
II. 2. 5 Méthode lexicographique.....	40
II. 2. 6 Méthode conjonctive.....	41
II.2.7 Méthode disjonctive.....	41
II. 2. 8 Méthode du Maxmin.....	41

Conclusion	43
Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères	44
Chapitre III : Les méthodes d'optimisation mathématique (MOM)	45
Introduction	45
III.1. Goal Programming (GP)	45
III.1.1. La forme standard du modèle GP	45
III.1.2. Les principales variantes du modèle du GP	45
III.1.2.1. Le GP pondéré (GGP) : (WGP : Weighted Goal Programming)	47
III.1.2.2. Le GP lexicographique (GPL)	47
III.1.2.3. MinMax Goal Programming	47
III.1.2.4. Le GP Flou : The fuzzy GP (FGP)	48
III.1.2.5. Le GP avec intervalles (The GP model with intervals)	50
III.1.3. Critiques et limites du GP	50
III.2. Programmation par compromis	51
III.3. La méthode du critère global	52
III.4. Méthode des contraintes-ϵ	52
III. 5. La programmation mathématique à objectifs multiples (PMOM)	53
Conclusion	55
Chapitre IV : Les méthodes d'aide à la décision multicritère (MADMC)	56
Introduction	56
IV.1. Les méthodes de l'approche du critère unique de synthèse	56
IV.1.1. Fondement de l'approche de désagrégation des préférences	59
IV.1.2. Panorama des méthodes	59
IV. 1.2.1. La méthode SMART : Simple Multi-Attribute Rating Technique	59
IV. 1.2.2. La méthode MAUT : Multiple Attribute Utility Theory	59
a - Fondement et principe de la théorie l'utilité multiattribut.....	59
b- Les formes de la fonction d'utilité.....	63
 <i>La forme additive</i>	63

✚ <i>La forme multiplicative</i>	64
IV.1.2.3. La méthode MAVT: Multiple Attribute Value Theory.....	65
IV.1.2.4. La méthode TOPSIS: Technique for Order by Similarity to Ideal Solution....	67
IV.1.2.5. La méthode AHP :Analytic Hierarchy Process La méthode d'analyse hiérarchique.	68
IV.1.2.6. La méthode EVAMIX.....	71
IV.1.3. Discussion et critiques des méthodes de l'approche critère unique de synthèse	72
➤ La TOPSIS	72
➤ La SMART.....	72
➤ La MAVT.....	72
➤ La MAUT.....	73
➤ L'UTA.....	74
➤ L'AHP.....	74
➤ L' EVAMIX.....	75
IV.2. Les méthodes de surclassement de synthèse, acceptant l'incomparabilité (L'agrégation partielle)	75
IV.2.1. Fondement et principe des méthodes de surclassement	75
IV.2.2. Panorama des méthodes	76
IV.2.2.1. Les méthodes de Famille PROMETHEE.....	76
IV.2.2.1.1. Construction d'une méthode simple la méthode PROMETHEE.....	78
IV.2.2.1.2. Extension de la notion de critère.....	78
IV.2.2.1.3. Les variantes de la méthode PROMETHEE.....	83
A. PROMETHEE I :(Rangement des actions en un pré-ordre partiel).....	83
B. Mode d'application de PROMETHEE I et II.....	84
IV.2.2.2. Les méthodes de Famille ELECTRE.....	85
IV.2.2.2.1. La méthode ELECTRE I:(Elimination Et Choix Traduisant la réalité).....	85
IV.2.2.2.2. La méthode ELECTRE II.....	87
IV.2.2.2.3. La méthode ELECTRE III.....	88

IV.2.2.2.4. La méthode ELECRTTE IV.....	90
IV.2.2.2.5. La méthode ELECTRE Iv.....	91
IV.2.2.2.6. La méthode ELECTRE Is.....	91
IV.2.2.2.7. La méthode ELECTRE Tri.....	92
• ELECTRI Tri pessimiste.....	92
• ELECTRE Tri optimiste.....	92
IV.2.3. Critiques et Discussion.....	93
IV.3. Les méthodes de l'approche du jugement local interactif avec itérations essai-erreur.....	94
IV.3.1. Fondement et principes.....	94
IV.3.2. Panorama des méthodes.....	95
IV.3.2.1. La méthode STEM.....	95
• Fondement.....	95
• Critiques.....	95
IV.3.2.2. La méthode Geoffrion-Dyer-Feinberg.....	96
• Fondement.....	96
• Critiques.....	96
IV.3.2.3. La méthode du point de mire évolutif.....	97
• Fondement.....	97
• Critiques.....	97
IV.3.2.4. La méthode de Vanderpooten.....	97
• Fondement.....	97
• Critiques.....	98
IV.3.2.5. La méthode PREFCLAC.....	98
IV.3.2.6. Quelques autres méthodes interactives.....	101
IV.3.2.6.1. La méthode de Zionts et Wallenius[1976 et 1983].....	101
• Fondement.....	101
• Critiques.....	101
IV.3.2.6.2. La méthode de Vincke [1976].....	101
• Fondement.....	101

• Critiques.....	101
IV.3.2.6.3. La méthode du point de référence [Wierzbick ; 1980 et 1982].....	102
• Fondement.....	102
• Critiques.....	102
IV.3.2.6.4. La méthode de Stever et Choo [1983].....	102
• Fondement.....	102
• Critiques.....	102
IV.3.2.6.5. La méthode de Korhonen et Laakso.....	102
• Fondement.....	102
• Critiques.....	102
IV.3.2.6.6. La méthode de PRIAM.....	103
• Fondement.....	103
• Critiques.....	103
Conclusion.....	104
Partie III : L'aide multicritère à la décision en finance.....	105
Chapitre V: La nécessité d'une analyse multicritère pour la prise de décision financière.....	106
Introduction.....	106
V.1. Les règles de choix de la décision financière en avenir incertain.....	106
V.1.1.Un futur probabiliste.....	106
V. 1.2.Un futur non probabiliste.....	107
V 1.3.Les exigences de la décision financière en avenir incertain.....	108
a. La rationalité dans le comportement de l'investisseur.....	108
b. La nécessité de prendre en compte les données de l'environnement de l'entreprise.....	108
c. L'interdépendance directe et indirecte des décisions d'investissement.....	109
V. 1.4.L'ambiguïté des règles de choix.....	109
V.2.Les difficultés de la décision financière d'investissement.....	110
V.2.1.La prise en considération du temps.....	110
V.2.2.La prise en considération du risque.....	111

a. Le recours au calcul des probabilités.....	111
b. Le recours à la théorie des jeux.....	115
V.2.3.La prise en considération de l’inflation.....	115
V.2.4.Les problèmes d’interprétation.....	116
a. Les problèmes de comparabilité : les alternatifs incomplets.....	116
b. Les conflits de critères.....	116
c. L’origine de la divergence : L’hypothèse de réinvestissement.....	118
d. Taux interne de rentabilité global et valeur actuelle nette globale.....	118
V.2.5. Le recoure à l’analyse multicritère.....	119
Conclusion.....	120
Chapitre VI : L’aide multicritère en finance.....	121
Introduction.....	121
VI.1. Quelques problèmes multicritère en finance.....	121
VI.1.1. Prédiction de faillite.....	121
VI.1.2.L’évaluation du risque crédit.....	127
VI.1.3. L’évaluation des titres : la sélection et la gestion du portefeuille.....	129
VI. 2.Les études antérieures (multicritère) en matière de constitution de portefeuille d’actions.....	134
VI.2.1.Théorie de l’utilité multiattribut.....	134
VI.2.1.1. L’étude de Saaty, Rogers et Pell (1980).....	134
VI.2.1.2. L’étude d’Evrard et Zisswiller (1983).....	135
VI.2.1.3. L’étude de Rio- Garcia et Rio –Insua (1983).....	135
VI.2. 2. Les méthodes de surclassement.....	136
VI.2.2.1. L’étude de Mariel, Khoury et Bergeron (1988).....	136
VI.2.2.2. L’étude de Khoury, Martel et Veilleux (1993).....	136
VI.2.2.3. L’étude de Szala (1990).....	136
VI.2.3. Les méthodes interactives.....	137
VI.2.3.1.L’étude de Nakayama, Takegushi et Sono.....	137
VI.2.3.2. L’étude de Lee et Chesser (1980).....	137
VI.2.3.3. L’étude de Colson et de Bruyn (1989).....	138
VI.2.4. L’approche de la désagrégation des préférences.....	139
VI.2.4.1. Les études de Colson et Zeleny (1980).....	139
VI.2.4.2. Les études de C. Husrson et C. Zopounidis (1993).....	139

Conclusion	140
Partie III : Etude de cas	141
Chapitre VIII: La constitution d'un portefeuille d'actions cas de la Bourse des valeurs mobilières de Tunis	142
Introduction	143
VII.1.Présentation de la Bourse de Tunis	143
VII.1.1.Aperçu sur la BVMT	143
VII.1.1.1.Dates clés de la bourse de Tunis.....	144
VII.1.1.2. Missions et ambitions.....	145
VII.1.2. Les avantages qu'offre la bourse de Tunis	145
VII.1.2.1. Aux investisseurs et épargnants.....	145
VII.1.2.2. Aux entreprises.....	145
VII.1.3.Liste des sociétés cotées	146
VII.1.3.1. Sociétés Financières / Financials.....	146
VII.1.3.2. Télécommunications / Telecommunication.....	147
VII.1.3.3. Services aux Consommateurs / Consumer services.....	147
VII.1.3.4. Santé / Health care	147
VII.1.3.5. Biens de Consommation / Consumer goods.....	148
VII.1.3.6. Industries / Industrials.....	148
VII.1.3.7. Matériaux de Base / Basic Material.....	149
VII.1.3.8. Pétrole et Gaz / Oil and Gas.....	149
VII.1.3.9. Technologie / Technology.....	149
VII.2.Sélection d'un ensemble d'actions attractives sur le marché des valeurs mobilières de Tunis	149
VII.2.1. Méthodologie	149
VII.2.2. La Construction des critères d'évaluation	150
VII.2.3.L'application des méthodes UTA+, ELECTRE TRI et la programmation mathématique	153
VII.2.3.1. Classement des actions par leurs degrés d'utilité (application d'UTA+) ..	153
VII.2.3.1.1. Méthodologie.....	153
VII.2.3.1.2. Résultats et discussion.....	154
VII.2.3.2. Le recours à la méthode ELECTRE TRI pour l'affectation des actions dans des catégories prédéfinies	161

VII.2.3.2.1. Méthodologie.....	161
a. Aperçu sur la méthode ELECTRE TRI.....	161
b. Conception des profils de référence.....	168
VII.2.3.2.2. Application de la méthode ELECTRE TRI et analyse des résultats	169
VII.2.3.2.2.1. Application de la méthode ELECTRE TRI.....	169
a. Affectation par catégorie.....	171
• Catégorie des actions attractives.....	171
• Catégorie des actions à analyser	173
• Catégorie d'actions à rejeter	175
b. Affectation par alternatif.....	175
c. Comparaison par profils.....	178
d. Les degrés de crédibilité des alternatifs selon les profils.....	180
e. Statistiques de l'affectation.....	184
VII.2.3.2.2.2. Analyse de sensibilité des résultats (Variation du seuil de coupe).....	184
a. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.50$..	185
b. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.55$..	188
c. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.6$...	192
d. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.65$..	196
e. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.75$..	200
f. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.85$..	203
g. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.9$...	206
h. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 1$	209
VII.2.3.3. Le recours à la programmation mathématique multiobjectif pour l'affectation du capital	216
VII.2.3.3.1. La modélisation.....	217
VII.2.3.3.1.1. Les fonctions objectives.....	217
VII.2.3.3.1.2. Les contraintes.....	218
VII.2.3.3.2. Solution du programme.....	219
VII.2.3.3.2.1. Calcul des bornes supérieures.....	220
VII.2.3.3.2.2. Résultats.....	224
Conclusion.....	228
Chapitre VIII: l'Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes (ANSEJ) :	
Le cas de la décision de financement de micro projets.....	229

Introduction	229
VIII.1. Présentation de l'Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes	229
VIII.1. 1. Aperçu historique sur l'Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes...	229
VIII.1.2. Missions et Objectifs de l'ANSEJ.....	230
VIII.1.2.1. Missions	230
VIII.1.2.2. Objectifs.....	230
VIII.1.3. Activités.....	231
VIII.1.4. Les conditions d'éligibilité au programme.....	231
VIII.1. 5. Procédures liées à l'obtention des avantages de l'ANSEJ.....	231
VIII.1. 6. Avantage du dispositif ANSEJ.....	232
VIII.1.6.1.Liés à la phase de réalisation.....	232
VIII.1.6.2. Liés à la phase d'exploitation.....	232
VIII.1.6.3. Liés à la phase d'extention (facultative).....	232
VIII.2. L'évaluation des propositions de création de micro-entreprises par la méthode ELECTRE III	233
VIII.2.1. Aperçu sur la méthode ELECTRE III.....	233
VIII.2.2.Description du problème.....	233
VIII.2.3. Le choix de la méthode ELECTRE III.....	234
VIII.3. Construction des critères pour la méthode ELECTRE III	235
VIII.4. Application d'ELECTRE III et résultats	237
VIII.4.1.Distillation ou Algorithme de classement.....	238
VIII.4.2. Résultats supplémentaires.....	240
VIII.4.2. 1. Matrice de concordance.....	240
VIII.4.2. 2.Matrice de degrés de crédibilité.....	243
VIII.4.2. 3. Rangs dans le préordre final.....	245
VIII.4.2.4.Rangs dans le préordre médian.....	247
VIII.4.2. 5. Graphe final.....	249
VIII.4.2. 6. Matrice du préordre final.....	250
Conclusion	253
Chapitre IX : L'entreprise de travaux publique privé Delta alu- Le cas de la décision du choix d'investissements	254
Introduction	254
IX.1.Présentation de l'entreprise ALGERIAN DELTA ALU	254

IX.1.1.Aperçu sur l'entreprise.....	254
IX.1.2.Produits et services	255
IX.2.Application de la méthode ELECTRE I au choix d projets d'investissements	255
IX.2.1. Description du problème et construction des critères.....	255
IX.2.2. Application et résultats.....	256
Conclusion	263
Conclusion Générale	264
Bibliographie	275

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Le modèle pyramidal (historique).....	15
Figure 2 Aboutissement d'une problématique du choix.....	28
Figure 3 Aboutissement d'une problématique du tri à partir de catégories prédéfinies permettant une segmentation de A.....	30
Figure 4 Aboutissement d'une problématique du rangement.....	32
Figure 5 Fonction d'appartenance linéaire.....	49
Figure 6 Procédure de choix d'une méthode d'optimisation mathématique.....	54
Figure 7 Approches opérationnelles et méthodes.....	57
Figure 8 Structure hiérarchique d'un problème selon l'AHP.....	69
Figure 9 Différents types de critères.....	77
Figure 10 Critère de type I.....	80
Figure 11 Critère de type II.....	80
Figure 12 Critère de type III.....	81
Figure 13 Critère de type IV.....	82
Figure 14 Critère du type V.....	83
Figure 15 La fonction de préférence (F).....	84
Figure 16 La relation de préférence H.....	84
Figure 17 Organigramme de la méthode PREFCLAC.....	99
Figure 18 La simulation d'un projet d'un projet d'investissement.....	111
Figure 19 L'origine de divergence : l'hypothèse de réinvestissement.....	115
Figure 20 Utilité marginale des sept ratios.....	152
Figure 21 Ranking of all alternatives (classement des alternatifs).....	154
Figure 22 Interface du logiciel ELECTRE TRI.....	165
Figure 23: Programme sur LINDO.....	223
Figure 24: Solution du programma par le logiciel LINDO.....	224

Liste des figures

Figure 25 Contribution des variables.....	226
Figure 26 La contribution des alternatifs retenus dans le portefeuille d'action.....	227
Figure 27 Statistiques.....	237
Figure 28 Les distillations.....	238
Figure 29 Rangs dans le préordre final.....	245
Figure 30 Rangs dans le préordre médian.....	247
Figure 31 Graphe final.....	249
Figure 32 Graphe des concordances et des discordances	261
Figure 33 Noyau du graphe	262

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Les différents critères de classification des décisions.....	17
Tableau 2	Les différentes problématiques de référence.....	34
Tableau 3	Tableau des résultats.....	36
Tableau 4	Matrice de performance des actions.....	66
Tableau 5	Echelle des valeurs utilisées par Saaty.....	70
Tableau 6	Indice de cohérence moyen.....	71
Tableau 7	Le recours à la théorie des jeux : une matrice de décision.....	114
Tableau 8	Liste des ratios financiers utilisés pour la prédiction de faillite.....	124
Tableau 9	Liste des banques.....	146
Tableau 10	Liste des sociétés prestataires de services financiers.....	146
Tableau 11	Liste des sociétés d'assurances.....	146
Tableau 12	Liste des sociétés de télécommunications.....	147
Tableau 13	Liste des sociétés de distribution.....	147
Tableau 14	Liste des sociétés de voyages et loisirs.....	147
Tableau 15	Liste des sociétés sanitaires.....	147
Tableau 16	Liste des sociétés d'automobiles et d'équipements.....	148
Tableau 17	Liste des sociétés d'agro-alimentaire et boissons.....	148
Tableau 18	Liste des sociétés de produits ménagers et des soins personnels.....	148
Tableau 19	Liste des sociétés de bâtiment et matériaux de construction.....	148
Tableau 20	Liste des sociétés de biens et services industriels.....	148
Tableau 21	Liste des sociétés des industries chimiques.....	149
Tableau 22	Liste des sociétés de matières premières.....	149
Tableau 23	Liste des sociétés de pétrole et gaz.....	149
Tableau 24	Liste des sociétés dans le domaine de technologie.....	149
Tableau 25	Les critères d'évaluation.....	150
Tableau 26	Mode d'évaluation des critères.....	151

Liste des tableaux

Tableau 27	Evaluation des critères Matrice de performances.....	152
Tableau 28	Classement des actions selon leurs utilités global.....	158
Tableau 29	Classement final.....	159
Tableau 30	Notation des alternatifs (par le logiciel ELECTRE TRI).....	162
Tableau 31	Notation des critères (par le logiciel ELECTRE TRI).....	164
Tableau 32	Performances des alternatifs.....	164
Tableau 33	Profils de référence.....	169
Tableau 34	Paramètres du profil haut.....	170
Tableau 35	Paramètres du profil bas.....	170
Tableau 36	Affectation par alternatifs.....	171
Tableau 37	Catégorie attractive.....	171
Tableau 38	Catégorie à analyser.....	173
Tableau 39	Catégorie d'actions à rejeter.....	175
Tableau 40	Affectation par alternatifs.....	175
Tableau 41	Comparaison par profils.....	178
Tableau 42	Degrés de crédibilité des alternatifs selon les profils.....	181
Tableau 43	Statistiques de l'affectation.....	184
Tableau 44	Affectation pour un niveau de coupe 0.50 –Catégorie Attractive.....	185
Tableau 45	Affectation pour un niveau de coupe 0.50 –Catégorie A analysé.....	186
Tableau 46	Affectation pour un niveau de coupe 0.50 – Catégorie A rejeter.....	187
Tableau 47	Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe $\lambda=0.5$	188
Tableau 48	Statistiques de l'affectation.....	188
Tableau 49	Affectation pour un niveau de coupe 0.55 – Catégorie Attractive.....	188
Tableau 50	Affectation pour un niveau de coupe 0.55 – Catégorie A analyser.....	190
Tableau 51	Affectation pour un niveau de coupe 0.55 – Catégorie A rejeter.....	191
Tableau 52	Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe λ $=0.55$	192
Tableau 53	Statistiques de l'affectation.....	192
Tableau 54	Affectation pour un niveau de coupe 0.60 – Catégorie Attractive.....	193
Tableau 55	Affectation pour un niveau de coupe 0.60 – Catégorie A analyser.....	194
Tableau 56	Affectation pour un niveau de coupe 0.60 – Catégorie A rejeter.....	195
Tableau 57	Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe λ	

Liste des tableaux

=0.6	196
Tableau 58 Statistiques de l'affectation.....	196
Tableau 59 Affectation pour un niveau de coupe 0.65 – Catégorie Attractive.....	196
Tableau 60 Affectation pour un niveau de coupe 0.65 – Catégorie A analyser.....	198
Tableau 61 Affectation pour un niveau de coupe 0.65 – Catégorie A rejeter.....	199
Tableau 62 Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe λ =0.65	199
Tableau 63 Statistiques de l'affectation.....	199
Tableau 64 Affectation pour un niveau de coupe 0.75 – Catégorie Attractive.....	200
Tableau 65 Affectation pour un niveau de coupe 0.75 – Catégorie A analyser.....	201
Tableau 66 Affectation pour un niveau de coupe 0.75 – Catégorie A rejeter.....	201
Tableau 67 Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe λ =0.75	202
Tableau 68 Statistiques de l'affectation.....	202
Tableau 69 Affectation pour un niveau de coupe 0.85– Catégorie Attractive.....	203
Tableau 70 Affectation pour un niveau de coupe 0.85 – Catégorie A analyser.....	203
Tableau 71 Affectation pour un niveau de coupe 0.85 – Catégorie A rejeter.....	204
Tableau 72 Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe λ =0.85	205
Tableau 73 Statistiques de l'affectation.....	205
Tableau 74 Affectation pour un niveau de coupe 0.9 – Catégorie Attractive.....	206
Tableau 75 Affectation pour un niveau de coupe 0.9 – Catégorie A analyser.....	207
Tableau 76 Affectation pour un niveau de coupe 0.9 – Catégorie A rejeter.....	208
Tableau 77 Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe λ =0.9	208
Tableau 78 Statistiques de l'affectation.....	209
Tableau 79 Affectation pour un niveau de coupe 1 – Catégorie Attractive.....	209
Tableau 80 Affectation pour un niveau de coupe 1 – Catégorie A analyser.....	211
Tableau 81 Affectation pour un niveau de coupe 1 – Catégorie A rejeter.....	211
Tableau 82 Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe λ =1	212
Tableau 83 Statistiques de l'affectation.....	213
Tableau 84 Récapitulatif des différentes affectations selon les différents seuils de	

Liste des tableaux

coupe.....	213
Tableau 85 Les types d'erreurs.....	216
Tableau 86 Valeurs maximales des objectifs.....	221
Tableau 87 Contribution des variables.....	226
Tableau 88 La contribution des alternatifs retenus dans le portefeuille d'action.....	227
Tableau 89 Matrice de performance et poids des critères.....	236
Tableau 90 Matrice de concordance.....	240
Tableau 91 Matrice de degrés de crédibilité.....	243
Tableau 92 Matrice du préordre final.....	250
Tableau 93 Matrice de performance.....	256
Tableau 94 Les poids des critères	256
Tableau 95 Calcul des indices.....	257
Tableau 96 Les indices de concordances.....	258
Tableau 97 Calcul des valeurs de référence pour chaque critère.....	258
Tableau 98 Les indices de discordance.....	259
Tableau 99 Matrice de concordance.....	260
Tableau 100 Matrice de discordance.....	261
Tableau 101 Matrice de relation.....	261
Tableau 102 La matrice d'adjacence.....	262

Introduction Générale

« Le mot décision lui-même a été contesté. Il va de soi dans le contexte de l'entreprise, où une décision finit toujours par être prise, quoi qu'on dise de la comédie à laquelle elle donne lieu. On choisit une action potentielle comme constituant le meilleur compromis, et il va de soi qu'il s'agit d'une décision parce qu'ensuite on passe à l'exécution.

Mais justement, c'est là que le bât blesse certains, quand un haut fonctionnaire utilise le multicritère pour préparer un dossier destiné -disons- à son ministre, il ne fait que guider le choix de ce dernier. Qui décidera peut être toute autre chose, pour des raisons qui lui sont propres. Le multicritère est alors une aide au choix, disent certains.

Pire que cela, dans l'atmosphère feutrée de certaines administrations la modestie est de mise, et l'on ne parle que de procéder à une évaluation quand au recourt au multicritère.

Il ne faut pas donc s'étonner que choix et évaluation remplacent parfois décision. Ils le font alors dans des contextes où le problème évoqué reste ouverts. On voit donc de l'évaluation multicritère autant que de l'aide multicritère à l'évaluation et ainsi de suite. » (Alain Scharlig. 1996 ; 32)

De plus en plus, le décideur est confronté à des situations qui nécessitent un choix à partir de plusieurs critères, souvent antagonistes. Ce dernier s'est toujours concentré sur la recherche d'une solution optimale. Mais l'approche classique des problèmes de décision a montré certaines faiblesses auxquelles les méthodes multicritères semblent pallier. Cependant, si le problème de décision est multicritère, aucune solution particulière n'optimise tous les critères simultanément en raison de leurs caractères contradictoires. Le premier constat est qu'il n'existe pas de décision (solution, action ou alternative) unique qui soit la meilleure simultanément sur tous les points de vue. Le principe d'optimisation n'a plus de sens, on parle désormais d'approche multicritère. C'est pourquoi le mot « aide » prend toute son importance ; comme le soulignent Roy et Bouyssou (1993) « l'aide à la décision est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer et normalement à recommander, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part » ; Ainsi l'aide à la décision implique un minimum d'insertion dans le processus de décision, elle ne se fait seulement pour mais essentiellement avec les acteurs du processus dans l'établissement d'une véritable relation d'aide

Donc même depuis les premières années de l'humanité, la prise de décision a été un processus multidimensionnel. Traditionnellement, ce processus a été basé sur des approches empiriques plutôt que sur des techniques d'analyse quantitative. Pareto (1896) a fixé la première notion de base pour aborder les problèmes de décisions en présence de plusieurs critères. Un des résultats les plus importants de la recherche de Pareto a été l'introduction de la notion d'efficacité. Pendant la période d'après-guerre, Koopmans (1951) a étendu la notion d'efficacité grâce à l'introduction de la notion de l'ensemble efficace: Koopmans définit l'ensemble efficace par : l'ensemble des alternatives non dominées. Durant les années 1940 et les années 1950 Von Neumann et Morgenstern (1944) introduisent la théorie de l'utilité, l'un des grands courants méthodologiques de l'aide à la décision multicritère MCDA moderne et les sciences de la décision en général. Ces travaux pionniers ont inspiré plusieurs chercheurs dans

les années 1960. Charnes et Cooper (1961) ont étendu la théorie de la programmation mathématique traditionnelle grâce à l'introduction de la programmation par but. Fishburn (1965) a étudié l'extension de la théorie de l'utilité dans le cas de plusieurs critères. Ce sont toutes des études de chercheurs en recherches opérationnelles américains. À la fin des années 1960, l'Aide à la Décision Multicritère ADM a beaucoup suscité l'intérêt des chercheurs européens en recherche opérationnelles. Roy (1968), l'un des pionniers dans ce domaine, a présenté l'approche de relation de sur-classement; il est considéré comme le fondateur de l'école "européenne" de l'ADM.

Au cours des deux prochaines décennies (1970-1990) la MCDA a évolué tant au niveau théorique que pratique (applications réelles). Les progrès réalisés en ADM ont eu pour principal objectif de fournir un ensemble de méthodologies d'agrégation des critères qui permettent le développement de modèles de soutien des décisions en tenant compte du système du jugement et de la politique préférentielle du décideur . La réalisation de cet objectif nécessite la mise en œuvre de processus complexes. Le plus souvent, ces processus ne conduisent pas à des solutions ou décisions optimales, mais plutôt à des décisions qui sont satisfaisantes, conformément à la politique du décideur.

Donc ce ne sont plus des points optimaux que l'on recherche mais des zones optimales. Il faut envisager des solutions de meilleurs compromis, parce que pour chaque cas particulier, il y a des bonnes et des mauvaises solutions. L'objet de l'analyse multicritère est d'aider le décideur dans sa prise de décision à trouver les meilleures solutions de compromis. Ainsi, l'aide multicritère lors de la prise de la décision cherche à fournir au décideur des outils ou des méthodes lui permettant de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte. Chaque solution dépend du décideur et plus particulièrement de ses préférences, ce que l'on appelle la modélisation des préférences du décideur. Le décideur étant « humain », il va faire des choix, il s'agit donc de modéliser ses choix ou préférences.

Ainsi, l'acte de décision reste une action humaine complexe qui est dépendante des acteurs et de leur environnement. Des méthodes multicritères existent et proposent des classements, des tris ou des répartitions des actions, solutions ou variantes préconisées selon une

cible donnée. Selon les types de critères de performance des actions à privilégier, le décideur a son propre raisonnement de choix. Les contributions méthodologiques apportent une aide non négligeable au décideur. Donc, selon la méthode préconisée, le choix du décideur et l'étude de cas visée, les résultats peuvent différer. C'est pourquoi, il est primordial d'évaluer le risque pris lorsque l'on choisit une solution par rapport à une autre. On parle alors de robustesse technique, décisionnelle ou procédurale.

L'Aide à la décision multicritère (ADM) représente l'un des intérêts de la recherche opérationnelle, un intérêt qui a évolué rapidement au cours des trois dernières décennies tant au niveau recherche que pratique. Cette évolution a été motivée par la simple constatation que la résolution des problèmes complexes de décision dans le monde réel ne peut être effectuée par le biais d'approches unidimensionnelles. Cependant, lorsque l'on utilise une approche plus réaliste compte tenu de tous les facteurs pertinents à une situation de prise de décision, on est confronté à un problème référant à l'agrégation des facteurs multiples existants. La complexité de ce problème empêche souvent les décideurs d'employer cette approche attrayante. La portée et l'objectif de l'ADM est de soutenir les décideurs dans de pareilles situations. La particularité majeure de l'ADM est l'orientation de l'aide à la décision (d'aide à la décision) plutôt que le développement de modèles de décision simples. À cet égard, les approches MCDA se concentrent sur les aspects de développement de modèles qui sont liés à la modélisation et la représentation des préférences des décideurs, gardant à l'esprit qu'un décideur réel est responsable des résultats de toute procédure d'analyse de décision mise en œuvre. Par conséquent, le développement de modèles de décision sans tenir compte des préférences du décideur peut être d'une utilité pratique limitée. Le décideur a un rôle plutôt passif dans le cadre de l'analyse de décision. Il ne participe pas activement au processus d'élaboration du modèle et son rôle se limite à la mise en œuvre de la recommandation du modèle développé dont les caractéristiques sont souvent difficiles à comprendre. Les progrès méthodologiques réalisés dans le domaine de la MCDA impliquent toutes formes de problématiques de prise de décision (le choix, la classification, la description et le tri) (Doumpos. M et Zouponidis. C, 2004).

Le domaine financier est considéré comme l'un des champs d'intérêt et d'application de l'aide multicritère à la décision. Durant les dernières décennies de la mondialisation des marchés financiers, l'intensification de la concurrence entre les entités d'entreprise et les changements sociopolitiques et technologiques ont accru la complexité de l'entreprise, l'environnement économique et financier. Dans ce nouveau contexte le bon fonctionnement financier de toute entité économique devient un enjeu crucial pour sa croissance et son développement. La complexité croissante de l'environnement financier pose de nouveaux défis qui doivent être confrontés. La pléthore de nouveaux produits financiers qui sont maintenant disponibles pour les entreprises comme des instruments de gestion du risque, de l'investissement et du financement est indicative des transformations qui ont eu lieu dans le secteur de la finance au cours des dernières décennies et la complexité croissante existante dans ce domaine. Pour répondre à cette complexité, il est nécessaire d'ajuster les méthodologies de l'aide à la décision financière afin qu'elles répondent aux exigences du nouvel environnement financier. Les approches empiriques ne sont plus adéquates. A leur place, il ya une tendance croissante vers la mise en œuvre d'approches plus sophistiquées basées sur des techniques avancées d'analyse quantitative, comme les statistiques, l'optimisation, la prévision, la simulation, les processus stochastiques, l'intelligence artificielle et la recherche opérationnelle.

Les racines de cette nouvelle approche de la problématique de décision en finance remonte aux années 1950 avec les travaux du prix Nobel Harry Markowitz (1952,1959) sur la théorie du portefeuille et l'utilisation de techniques de programmation mathématique pour la construction du portefeuille. Depuis lors, la contribution des mathématiques appliquées, des statistiques et économétrie, de la recherche opérationnelle, de l'intelligence artificielle et les sciences informatiques en conjonction avec les progrès de la théorie financière, ont joué un rôle majeur dans le traitement de la complexité de la prise de décision financière. L'application des techniques précitées (l'analyse quantitative dans la prise de décision financière) est d'un intérêt à la fois pour les praticiens et les chercheurs. D'une part, les praticiens dans l'industrie des finances sont intéressés par l'élaboration et la mise en œuvre d'approches quantitatives efficaces qui peuvent leur fournir un soutien efficace dans leur pratique quotidienne. D'autre part, les chercheurs dans les domaines susmentionnés considèrent souvent les problématiques de prise de

décisions financières comme un excellent terrain où les résultats de la recherche en cours théoriques peuvent être testés dans des conditions complexes du monde réel.

Plusieurs techniques d'analyse quantitative ont été appliquées dans le domaine financier pour la mise en œuvre du paradigme de classification, et un grand choix de décisions financières peut être pris à la suite de cette démarche. Quelques exemples typiques incluent: la prédiction de faillite des entreprises et ce par la discrimination par prédiction des entreprises défailtantes de celles qui sont saines, l'évaluation du risque de crédit (la discrimination des entreprises à faible risque de celles à haut risque), les fusions et acquisitions d'entreprises (la discrimination entre les entreprises qui sont susceptibles d'être fusionnées ou acquises par les entreprises pour lesquelles le statut de propriété ne devrait pas changer), l'évaluation des actions « stocks » et l'évaluation des fonds mutuels (la classification des actions ou des fonds communs de placement dans des groupes prédéfinis en fonction de leur pertinence comme instruments de placement pour un investisseur particulier). La classification peut être effectuée en fonction de leurs rendements futurs escomptés, leurs risques, ou tout autre critère d'évaluation qui est considéré comme pertinent par le décideur / investisseur. Plusieurs entreprises d'investissement ont adopté cette approche dans leur évaluation des actions et des fonds communs de placement (agence de notation Standard & Poors, 1997,2000; Moody 's Investors, 1998,2000; Sharpe, 1998).

Il y a aussi d'autres exemples tel que :

- La cotation des titres et l'évaluation des émissions obligataires des entreprises ou du gouvernement en fonction des caractéristiques de l'émetteur et la classification en groupes de notation. Plusieurs institutions financières bien connues suivent cette approche dans leurs notations des obligations (par exemple, Moody Standard & Poors, Fitch Investors Service).
- L'évaluation du risque pays qui est l'évaluation de la performance des pays en prenant en considération les mesures économiques ainsi que les indicateurs sociaux et politiques afin de classer les pays en groupes prédéfinis en fonction de leur risque. Ces classifications sont disponibles auprès de grandes institutions financières y compris Moody (Moody 's Investors, 1999) et Standard & Poor.

- Des investissements en capital-risque par une évaluation des projets de capital-risque d'investissement suivie d'une classification de ces projets en trois catégories, ceux qui devraient être acceptés, rejetés ou soumis à une analyse plus approfondie (Zopounidis, 1990).
- Évaluation de la performance financière des organisations (banques, assurances, entreprises publiques, etc) par la classification des organismes en groupes prédéfinis en fonction de leur performance financière.

Tous les exemples ci-dessus sont des exemples témoignant de l'importance et de la nécessité de développer des modèles multicritères efficaces pour la prise de décision financière.

Problématique et hypothèses:

A la lumière de tout ça nous avons pu formuler la problématique suivante :

Comment l'analyse multicritère contribue t-elle à la prise de décision financière et conduit à des résultats plus pertinents par l'intégration du décideur dans le processus de la prise de la décision?

Pour répondre à cette problématique nous nous sommes appuyés sur quatre hypothèses principales qui sont :

1. L'aide multicritère à la décision fournit le cadre méthodologique nécessaire et le plus adéquat pour la résolution des problèmes de décisions financières.
2. Une gestion du portefeuille d'actions efficace nécessite l'utilisation conjointe des critères théoriques classiques de rendement et de risque et ceux fournis par les modèles d'évaluation de l'analyse fondamentale (ces modèles ont pour objet d'étudier la capacité bénéficiaire de la firme émettrice - ils sont à l'origine d'un certain nombre de critères d'évaluation d'une action ou d'un portefeuille couramment utilisés -) pour respecter le caractère multicritère de ce genre de décision.
3. Un classement des propositions de financement de micro-entreprises selon plusieurs critères donnera une idée plus juste et plus rapprochée de la réalité et fournira des résultats

sur les quelles on peut décider vraiment du devenir de ces propositions (accepter les propositions prometteuses susceptibles de rembourser leurs prêts).

4. Le choix d'investissements peut fournir des résultats plus pertinents s'il est exploité sous une optique multicritère.

La vérification de la première hypothèse relève du champ théorique de ce présent travail alors que les trois dernières hypothèses leurs vérification relève du champ pratique (de ce travail toujours) pour la deuxième l'application à un marché de valeurs mobilières (le cas de la bourse de Tunis) confirmera ou non l'hypothèse en question, la vérification de la quatrième nécessitera l'illustration d'une décision financière au sein d'une entreprise deux cas seront présentés le cas du choix de projets pour d'investissement le cas et celui d'une entreprise détaillante spécialisée dans la fabrication et la distribution de plafonds suspendus et de murs rideaux pour bâtiment. Un troisième cas à été traité afin de vérifier la troisième hypothèse, c'est celui de L'agence nationale du soutien à l'emploi des jeunes l'ANSEJ (une agence étatique) offrant des crédits d'investissements aux jeunes voulant créer leurs propres micro entreprises, la décision d'offre de crédit est généralement prise sur étude de dossier (dossier du crédit) une décision qui est souvent (pour ne pas dire toujours) positive en contre partie un remboursement de dette souvent négatif (absence total jusqu'à lors de suivis de ces crédits). Nous redirigerons le choix de méthodes appliqués pour décider du sort des demandes de crédits vers le paradigme multicritère.

Objectifs

Partant du rôle important que joue l'information qu'elle soit économique, politique ou culturelle,... dans le processus de la prise de la décision, elle constitue un support indispensable au décideur, dans ce sens les objectifs de ce travail sont :

Identifier par le passage en littérature de la théorie de la décision entre le paradigme monocritère et le paradigme multicritère, ainsi que l'étude des différentes méthodes d'aide à la décision utilisées par les deux paradigmes, l'objectif est de montrer l'intérêt de ces méthodes et d'en présenter les fondements méthodologiques. La diversité de ces méthodes réside dans la façon d'effectuer la synthèse de l'information contenue dans chaque critère.

Introduction Générale

Illustrer les domaines d'application des méthodes multicritères d'aide à la décision, tout en mettant en valeur le domaine des décisions financières et ce grâce au caractère multicritères de ce type de décisions.

Identifier les différentes études effectuées dans le domaine des décisions financière et choisir avec justification l'étude dans laquelle s'inscrit cette thèse.

Appliquer les méthodes multicritères (les méthodes choisies) en finance et ce pour trois types de décision financière : celle de la gestion d'un portefeuille d'action dans la bourse de Tunis, celle du choix de projet d'investissement en vu de l'attribution de crédit de financement par l'Agence National du Soutien à l'Emploi des Jeunes et celle du choix d'un projet, parmi quatre autres projets concurrents au sein d'entreprise de travaux publique privée.

Et ce dans une perspective d'aider le décideur (investisseur) à bien comprendre l'environnement influençant ses décisions et aussi d'intégrer ce décideur dans le processus de la prise de la décision par l'introduction de ses préférences restées négliger et dans l'ombre depuis plusieurs années.

Les études de cas comprises dans ce travail ont aussi pour objectif d'aider à mettre en valeurs les méthodes d'aide à la décision multicritères appliquées en finance (encore une fois de plus), ces méthodes permettent aussi d'en apprécier leurs efficacités.

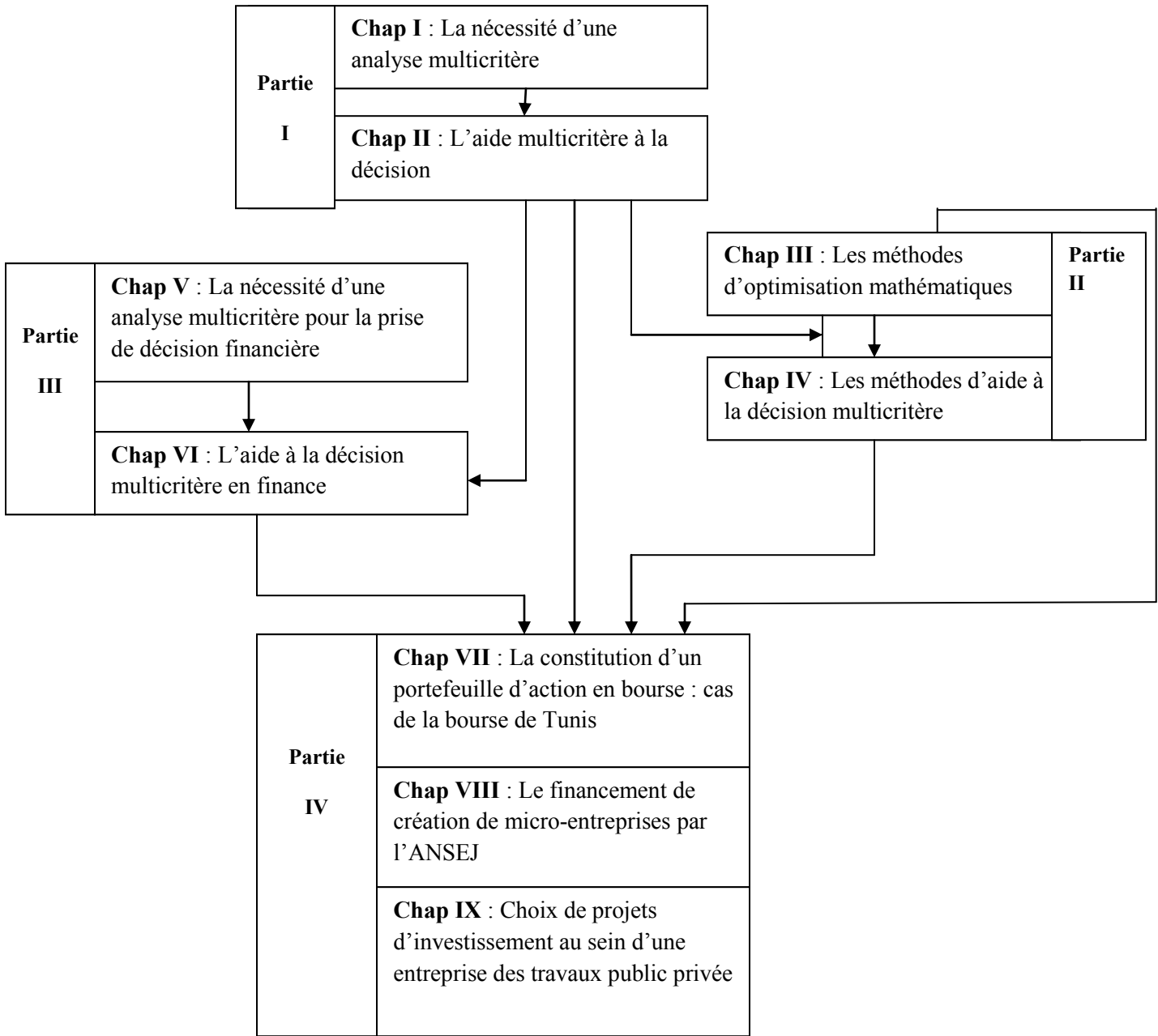
Une des études de cas à un objectif supplémentaire par rapport aux deux autres (celle de la constitution d'un portefeuille d'action) est celui de la combinaison entre trois méthodes multicritères pour venir afin, le but n'est pas comparatif mais bien complémentaire.

Ce travail détermine l'intérêt pratique à utiliser (et appliquer) les méthodes multicritères soit seul ou conjointement selon les étapes et les besoins des cas étudiés et ce afin d'aider le décideur dans sa prise de décision.

L'étude de cas, portant sur la constitution d'un portefeuille d'action dans la bourse de Tunis, comprise dans ce travail est parmi les premiers travaux traitant de ce qui est de l'application conjointe de plusieurs méthodes multicritères dans les bourses du monde arabes en général et dans la bourse de Tunis plus précisément si ce n'est l'unique et seul travail existant.

Relation entre parties :

Introduction Générale



Plan de travail :

Ce cheminement d'idées nous amène à articuler ce présent travail autour de quatre parties regroupant chacune deux chapitres, sachant que ce travail aborde deux thèmes complémentaires, l'aide à la décision multicritère et les décisions financières. Avant d'illustrer les cas étudiés qui font l'objet d'une quatrième partie, nous exposons dans une première partie l'aide à la décision – de l'analyse monocritère vers l'analyse multicritère expliquant la nécessité du passage du paradigme monocritère vers le paradigme multicritère, scindée en deux chapitres cette partie contient dans le premier chapitre intitulé la nécessité d'une analyse multicritère, le processus de la décision et aide à la décision (approche monocritère et le recours à l'approche multicritère). Le deuxième chapitre présente l'aide multicritère à la décision ses problématiques ainsi que les méthodes classiques de résolution.

La deuxième partie concerne les méthodes d'agrégation multicritères autrement dit le panorama de quelques méthodes multicritères, en premier lieu (chapitre III) les méthodes d'optimisation mathématique (MOM), en second lieu (chapitre IV) les méthodes d'aide à la décision multicritère.

La troisième partie met l'accent sur quelques problématiques multicritères en finance (après avoir traité de ce qui est du caractère multicritère des décisions financières) et les méthodes multicritères appliquées pour leur résolution.

Pour finir, cette phase théorique bénéficie d'un support pratique qui a pour objectif l'application d'une méthode (ou plus) d'analyse multicritère ou, plus exactement, les méthodes d'aide multicritère à la décision qui sont des techniques assez récentes et en plein développement. Par leur manière d'intégrer tout type de critères, ces procédures semblent mieux permettre de se diriger vers un judicieux compromis plutôt qu'un optimum souvent désuet. La dernière partie étant de nature empirique, dont l'objet est d'appliquer les méthodes multicritères adéquates dans la prise de décision de type financier et ce en remédiant en premier lieu à la problématique de la constitution d'un portefeuille d'action au sein du marché des valeurs mobilières de Tunis avec un échantillon de 53 entreprises (toutes les entreprises cotées sur ce marché) par le biais de trois

méthodes : la méthode UTA+, ELECTRE TRI et la programmation multicritère par le biais du logiciel LINDO

Le choix de la bourse de Tunis revient au fait que c'est un bon exemple pris parmi les autres bourses du monde arabe, et plus précisément parce que l'Algérie est toujours en phase de création d'une bourse, dans la mesure où le nombre de titres détenus ne dépasse pas largement les quatre titres reconnus et que le rôle des intermédiaires financiers reste limité et que ce marché ne joue pas vraiment son rôle attractif des capitaux. Il ya une très grande similitude entre les deux pays si on observe les circonstances dans lesquelles sont placés, donc pour nous le choix de la bourse de Tunis était pertinent pour prévoir, par analogie, le fonction de la bourse d'Alger dans un avenir proche.

En deuxième lieu la problématique de l'offre de crédit (crédit de financement) pour la création de micro entreprises par le biais de l'Agence Nationale du Soutien à l'Emploi des Jeunes l'ANSEJ : la méthode ELECTRE III, en troisième lieu la problématique du choix de projet d'investissement pour le compte d'une entreprise privée à responsabilité limitée spécialisée dans la dans la fabrication et la distribution de plafonds suspendus et de murs rideaux pour bâtiment : la méthode ELECTRE I

La conclusion reprend les grandes lignes de cette thèse, elle propose également diverses perspectives de recherche, en particulier sur l'avenir boursier et financier de l'Algérie et ce par projection de l'étude de la constitution du portefeuille d'action en bourse de Tunis sur la bourse d'Alger (dans un avenir proche), sur l'avenir du processus décisionnel à propos de la décision de financement de micro entreprises par l'Agence National du Soutien à l'Emploi des Jeunes, si cette dernière mets en vigueur l'expression « projet pas apte à être financer », au lieu de financer à tort et à travers tous les propositions de créations de micro entreprises, même celles révélant un risque de non remboursement du crédit.

Partie I : L'aide à la décision –de l'analyse monocritère vers l'analyse multicritère

Chapitre I : La nécessité d'une analyse multicritère

Introduction

Ce chapitre a pour objectif de traiter l'aide monocritère à la décision en commençant par des généralités sur la décision telles que sa définition, sa typologie, le processus de la prise de la décision et l'aide à la décision, pour enfin aboutir aux critiques de l'aide monocritère à la décision.

I.1 Généralités

I.1.1 La Décision

a. Définition

On entend par décision l'acte de faire le choix [Fumey. M 2001] entre plusieurs solutions possibles [DAR et al 1995], ou entre plusieurs alternatives [Schneider 1994 dans Adla. A, 2010] d'une action portant sur la mise en œuvre de ressources ou la détermination des objectifs, compte tenu d'un ou plusieurs critères d'évaluation des solutions [DAR et al 1995], donc la résultante d'interactions entre de multiples acteurs est appelée décision [Fumey. M, 2001]. Cette dernière concernera le processus de sélection de buts et d'alternatives, ou encore le processus global de résolution de problèmes [Schneider 1994 dans Adla. A, 2010].

Est considérée comme décision tout acte pris [Lévine 1979] ou toute intention explicite d'agir [Mintzberg 1979], que ceux soient de façon individuelle ou collective [Lemoigne 1974], afin d'affronter une situation nécessitant une solution, et ce par la description du contexte dans lequel a lieu la prise de décision. [Paul An-Lin Weng, 2006].

Donc par déduction la décision comprend les éléments suivants :

- un objectif à réaliser ;
- une situation complexe nécessitant une solution (le problème) ;
- l'existence d'alternatifs.

La prise de décision est donc l'acte de choisir entre ces alternatifs et ce en se basant sur des méthodes d'aide à la décision (classiques : l'expérience, les qualifications..., et empiriques).

b. Classification des décisions (Typologie)

1. Selon le niveau (sur le quel sont prises les décisions)

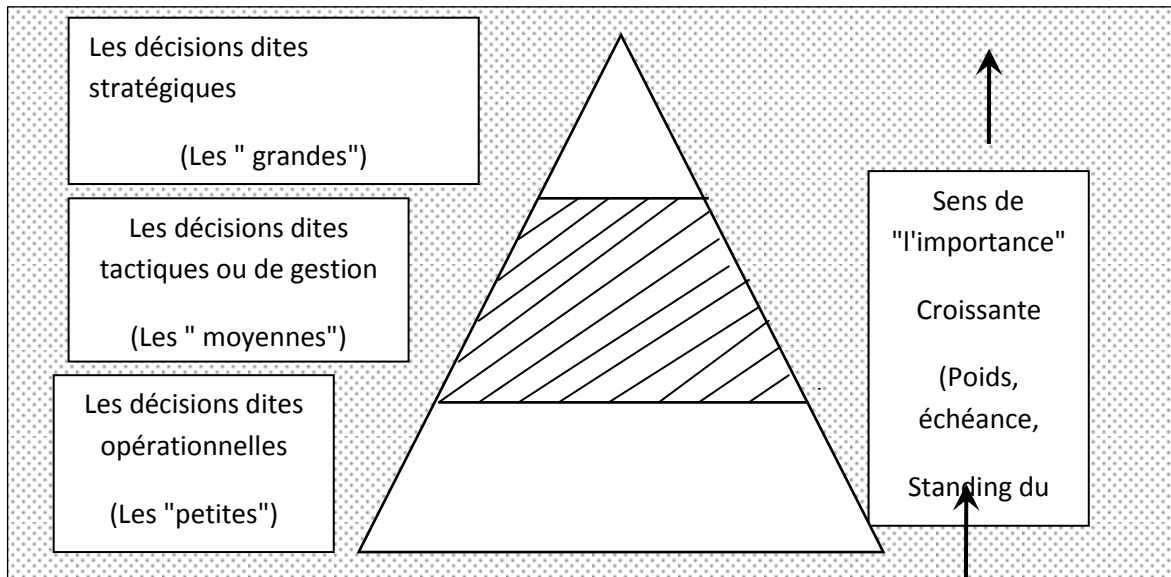
On distingue trois types [I. Ansoff, 1989]

- Les décisions Stratégiques : Ce genre de décisions concerne encore plus l'environnement externe de l'entreprise, puisque cela touche les relations entreprise – parties prenantes (diversification, fusion, ...)

Partie I : L'aide à la décision –de l'analyse monocritère vers l'analyse multicritère

- Les décisions Tactiques : Ce genre de décision cible la gestion des ressources de l'entreprise par exemple : le maintien, la modernisation, expansion, organisation, ..., et dont la mise en œuvre est assurée par les décisions de type opérationnelles ;
- Les décisions Opérationnelles : Ce genre de décisions porte sur le fonctionnement de l'entreprise exemple : fixation des tarifs, promotion des ventes, programme de production, niveau des stocks [K. Zakwan, 2007]

Figure 1: Le modèle pyramidal (historique)



Source. LE MOIGNE L., (1974), Les systèmes de décision dans les organisations, dépôt légal, 1^{ère} édition, Presses Universitaire de France, 258p.

2. Selon la portée de la décision : On distingue [Fumey. M, 2001]

- Les décisions à long terme ; Elles concernent l'existence de l'entreprise en question de durabilité ou de développement ce qui est définie généralement dans sa politique générale ;
- Les décisions à moyen terme ; concernent le fonctionnement de l'entreprise ;
- Les décisions à court terme : concernent le quotidien du fonctionnement de l'entreprise.

3. Selon le degré d'incertitude : On distingue [Bressey. G et al. 2004] :

- Décision en avenir aléatoire : Il est impossible de connaître le résultat de cette décision à l'avance, puisque l'environnement et les conditions qui régissent cette décision sont instables.

Partie I : L'aide à la décision –de l'analyse monocritère vers l'analyse multicritère

- Décision en avenir incertain : Ce type de décisions est très important dans la vie d'une entreprise puisque il fait intervenir plusieurs variables qui ne sont maîtrisées que par l'entreprise.
 - Décision en avenir certain : Dans la majorité des cas, le résultat de ce genre de décision est connu à l'avance donc le risque est presque nul.
- 4. Selon le niveau de structuration** [Adla. A, 2010] : On peut distinguer selon Trentesau [1996] trois types :
- Décision structurée : On entend par structurée, un processus connu et explicite permettant de traiter les informations dans le système [Lévine, 1989]. Ce genre de décision est programmable, il traite des situations (décisionnelles) clairement posées en termes techniques, des données sont fiables et numériques.
 - Décision peu ou mal structurée : Ce type regroupe toutes les décisions traitant les situations où il est impossible de trouver une modélisation complète du processus de décision, et la recherche d'information est difficile (les informations pertinentes sont peu accessibles, hétérogènes, non structurées). La situation décisionnelle à traiter dans ce cas est mal ou pas clairement posée, nécessitant ainsi un effort pour pouvoir la formalisée, les données sont souvent qualitatives, peu fiables, difficilement accessibles.
 - Décision non structurée : D'après Simon [1977] à ce genre de décision s'applique le principe de la rationalité limitée, c'est pourquoi il serait difficile de justifier la décision prise de façon rationnelle, puisque le problème traité n'est pas clairement posé.

Il est possible de synthétiser dans le tableau suivant les différents critères de classification des décisions.

Tableau 1 : les différents critères de classification des décisions

Nature des décisions	Opérationnelles	Tactiques	Stratégiques
Domaine des décisions	Exploitation	Gestion	Stratégie
Horizon de temps	Très court terme	Court terme	Moyen et long terme
Effets des décisions :			

Partie I : L'aide à la décision –de l'analyse monocritère vers l'analyse multicritère

Durée des effets	Très brève forte	Brève faible	Durable nulle
Réversibilité des effets			
Modalité	Adaptation aux aléas correction des déviations par rapport à la trajectoire	Fixation d'objectifs à l'exploitation Contrôle de réalisation Adaptation des objectifs	Fixation d'objectifs à long terme relatifs à l'évolution et aux mutations de l'entreprise
Actions correctives	Faciles	Difficiles	Impossibles
Répétitivité des choix	Forte répétitivité à fréquence élevée	Faible répétitivité à fréquence basse	Unicité des choix (absence de répétitivité)
Procédure de décision	Programmable	Semi-programmable	Non programmable
Variable de la décision : - Domaine étudié - Portée de la décision - Nombre - Quantification	Processus de transformation des ressources Portée restreinte (service) Peu nombreuses Quantitatives	Gestion des ressources, acquisition, affectation, amélioration portée intermédiaire (plusieurs services) Nombreuses Quantitatives en majorité	Relations de l'entreprise Avec l'environnement (marché, produits...) Portée générale (toute l'entreprise) Très nombreuses Quantitatives en majorité

Exemples	Gestion des stocks Ordonnancement de la production Affectation du personnel; organisation des tournées de livraison	Prévisions de vente Programmes de production Embauche de personnel Plan de marchéage Gestion budgétaire Contrôle de gestion	Choix d'organisation et de restructuration d'investissement et de financement plan Politique de production Politique de distribution Programme de recherche Regroupement avec d'autres firmes
----------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Source : Igor Ansoff, 1989 ;30

c. Approches de la décision : Adla. A [2010] distingue trois approches :

1. Les approches systémiques :

Ces approches proposent de considérer la décision comme un processus de traitement de l'information séquentielle et projective se développant au sein de l'organisation complexe dont il n'est pas séparable [Le Moigne, 1990]. Ce sont les observations de processus de décision qui seront à l'origine de ce type d'approches, vu qu'il est perçu (le processus de décision) comme un processus cognitif complexe. Ici le système de références est conflictuel, peu structuré et surtout appelé à évoluer au cours du processus de prise de décision... « Il est fréquent d'observer que sous l'effet même du processus de résolution de problème (autrement dit du rôle que jouent certains acteurs dans ce processus), la formulation du problème se trouve modifiée » Roy. B, [1992] [Fumey. M, 2001]

2. Les approches analytiques ou prescriptives ou axiomatiques

Ces approches garantissent des solutions adaptées, puisqu'elles prennent appui sur des outils mathématiques [Longueville, 2003], la décision ici est appréciée aux valeurs de ces

composantes qui ne sont autres que la procédure de choix et de solution retenue. Ces approches prescrivent aux intervenants un ensemble de principes et de règles à suivre pour la modélisation du problème. [Fumey. M, 2001]

3. Les approches descriptives :

Prédominant les sciences sociales, sciences de l'information [Cantzlör, 1996] et les sciences cognitives, le but de ces approches est de décrire, analyser et exploiter le processus de décision afin de le modéliser, et ce à partir du système de préférences des intervenants [Boyssou. D, 1990] [Roy. B et al, 1993], réelle et objective que l'homme d'étude peut appréhender sans perturber. [Fumey. M, 2001]

Ce qui est à noter que les deux approches systémique et descriptive n'ont été autre que les résultantes des deux écoles Américaine et Française. [Von Neumann. J et al, 1974]. Reposant sur le développement de l'axiomatique (un système axiomatique est la caractéristique du comportement rationnel en matière de décision. [Mousseau. V, 1992] ; de la théorie de l'utilité et des approches descriptives [Keeney. R. L, 1992] [Fumey. M, 2001]. L'école Américaine fixe comme but la recherche de la maximisation d'une fonction de préférence implicite qui est stable dans le temps. Donc il est exigé que le décideur soit toujours capable de faire un choix entre deux solutions, on parle ici d'ordre total. [Scharlig. A, 1996]. Quand-t-a la deuxième école qui s'est fondée sur les travaux de B. Roy et a prit appui sur le développement des méthodes de surclassement et approches systémique ; [Boyssou. D, 1984] [Fumey. M, 2001] ; considère que le décideur peut-être incapable de faire un choix entre deux solutions (ordre partiel : il s'agit d'une incomparabilité), vu qu'il manque d'informations pour aboutir à sa fonction de préférences. [Scharlig. A, 1996].

I.1. 2 Processus de décision et Aide à la décision :

a. Processus de décision :

Décrit comme étant l'enchaînement de plusieurs phases H. A. Simon, 1945 [H. A. Simon, 1976], distingue trois phases [Darbelet. M et al. 1995] [Fumey. M, 2001] :

- Phase de compréhension de la situation du problème et de son analyse.
- Phase de modélisation : formulation du problème (par la mise en évidence des écarts entre la situation actuelle et la situation objectée) et description des solutions potentielles ;

- Phase de sélection : c'est là où s'effectue le choix de la solution adéquate selon des critères concrets ou abstraits, appréhendés par le décideur avec ou sans l'aide d'outils et techniques d'aide à la décision.

Alors que Dill. W[1962] énumère cinq phases, en commençant par la détermination des objectifs de l'organisation puis la recherche d'alternatives et de données pouvant servir à leurs évaluations, et ce afin de faciliter la comparaison pour aboutir à un choix adéquat, les deux étapes restantes seront l'exécution du choix et son suivi (évaluation des résultats).

Pour Lundberg [1962] et Simon. H [1983] rejoignent tous les deux le raisonnement de Darbelet [1995], en résumant les phases en trois : la détermination du problème, l'évaluation des alternatives pour aboutir au choix de la solution la plus appropriée.

b. Aide à la décision :

b.1. Définition :

Selon Roy et Bouyssou [2000] , « Aider à décider, c'est tout d'abord aider à clarifier la formulation, la transformation et l'argumentation des préférences. A ce niveau le concept clé est celui du critère » [Adla. A, 2010].

Selon Roy. B [1985] l'aide à la décision saurait : « ... l'activité de celui qui, prenant appui sur les modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, cherche à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part ».

Selon Fumey. M, [2001] la plus importante tâche du processus de décision serait de mettre en évidence l'existence de situations complexes et conflictuelles dont le choix d'une solution optimale par le décideur s'avère être un exercice difficile. C'est pourquoi le décideur serait tenté d'apprivoiser une approche monocritère comme le souligne Simon. H. A, [1997].

En général l'aide à la décision serait l'acte de décider en mettant en œuvre un ensemble d'opérations convergentes, logiques ou non, sur un groupe d'information plus ou moins important et pertinent, et ce en employant l'ensemble des connaissances disponibles, afin d'obtenir une solution. [Veille. RPCN, 1995]

Les aides se résumeront donc aux opérations facilitant la tâche de prise de décision en simplifiant ou en raccourcissant [Fumey. M, 2001] le chemin cognitif suivi par l'homme d'étude. [RPCN, 1995]

b.2. Concepts Fondamentaux :

La prise de décision est l'acte qui consiste au terme d'un processus cognitif (pour de décideurs) à trancher face à plusieurs options.[P.A-L.Weng, 2006]. Ce qui est à noter c'est que cette même prise était basée souvent sur des intuitions et d'expériences passées vu le problème de la difficulté de la détermination des informations les plus pertinentes pour le choix de solution. [Holtzman, 1989].

Longueville 2003 [A. Adla, 2010] identifie cinq types de problèmes décisionnels commençant par « la description des problèmes associés à la caractérisation réelle de l'état courant de l'organisation, ensuite l'investigation ça touche les relations inter-éléments de données, l'explication qui est la réalisation de la relation cause-à-effet, prédiction tout ce qui est prévision et en dernier se place la prescription ».

- **Les acteurs :**

Selon Fumey. M, [2001], Roy. B [et al 1993] aurait définie les acteurs comme des intervenants qui, « par leur intervention conditionnent directement la décision en fonction du système de valeurs dont ils sont porteurs » et les « agis » qui subissent la décision, laquelle doit, dans la mesure du possible, tenir compte de leur préférences.

Parmi ces acteurs citons le décideur, « acteur bien identifié, doté de pleins pouvoirs, agissant en vertu d'un système de préférences rationnel » [A. Adla, 2010], qui doit effectuer le dernier choix et ce en fonction de l'aide apporter par l'homme d'étude (qui est lui-même un autre acteur), visant à faciliter le choix au décideur (dans la mesure où le décideur n'est pas l'homme d'étude), qui demeure responsable des décisions prises [Darblet et al. 1995] n'excluons pas sa totale liberté vis-à-vis l'acceptation ou le rejet des possibilités proposées par l'homme d'étude. [Fumey. M, 2001]

- **Les actions :**

Selon Bana. E. Costa [C. A. Bana. E. C, 1996] le mot action employé par l'aide à la décision l'est comme un mot génétique désignant ce qui constitue l'objet de la décision ou ce

sur quoi porte l'aide à la décision [Fumey. M, 2001]. Plus généralement on entend par action : stratégie, alternative ou procédure d'amélioration. [Scharlig. A, 1985]

Le terme action potentielle (ou réalisable) désigne [Roy et al. 1993] : aussi bien les actions réelles, déjà réalisées ou susceptibles de l'être, que les actions fictives non réalisées ou traduisant une solution non encore entièrement élaborée. [Fumey. M, 2001]

- **Les critères :**

Citons comme exemple mesure de l'impacte sur la productivité, la qualité de satisfaction des clients, opportunité de production ou service, efficacité du processus, rentabilité..., etc. Appelés aussi attributs : aspects suivant les quels les alternatives sont examinées, qualitatifs ou quantitatifs. [Scharlig. A, 1985]

Donc ces attributs facilitent l'évaluation et la comparaison entre les actions potentielles et ce d'après un objectif défini. [Fumey. M, 2001]

L'ensemble des évaluations des critères sur les différentes actions envisageables nous fournit ce que l'on appel Tableau de performance ou encore matrice de performance. [Fumey. M, 2001]

I.2 L'aide Monocritère à la décision et ses anomalies:

I.2 . 1. L'analyse monocritère :

C'est la recherche de l'optimum qui repose sur un postulat d'existence, en général implicite, qui peut s'énoncer de la manière suivante : dans toute situation devant entraîner une décision, il existe au moins une décision qui, avec suffisamment de temps et de moyens, puisse être objectivement démontrée comme étant optimale et ceci en restant neutre par rapport au processus de décision. B. Roy [1997]. [Scharlig. A, 1985]. Il s'agit là de la recherche d'une solution dite optimale en utilisant un seul critère d'où le suffixe « Mono » afin de traiter un problème isolé de son environnement. Cette analyse appelée jadis l'approche « résoudre », l'approche scientifique (il s'agit de la recherche opérationnelle) [Scharlig. A , 1985] son développement a débuté dans le contexte militaire pour améliorer la gestion et l'approvisionnement des troupes [Joerin. F, 1997], il est question ici de problèmes isolables dans le processus de gestion de l'organisation ou de l'Etat comme le choix de l'itinéraire le

plus efficace pour des tournées de ramassages d'ordures ou la fixation de nombre de caisses enregistreuses à ouvrir dans un supermarché à une heure donnée, ..., [Scharlig. A, 1985]

Petit à petit le facteur humain prenait une dimension plus importante marquant ainsi un succès remarquable dans l'économie en particulier, mais à fur et à mesure que les méthodes de cette approche s'étendaient dans de nouveaux champs d'application, la situation devenait de plus-en-plus complexe touchant à des systèmes différents appelés systèmes ouverts, qui intègrent des dimensions de natures différentes telles qu'économique (optimisation de cout, ...) et sociale (acceptation de groupe,...) [Joerien. F, 1997], ce qui a permis le développement d'autres méthodes Roy. B [1968], Keeney et al [1976], Vincke. P[1976], [Scharlig. A, 1985] traitant les nouvelles problématiques d'où l'importance de la formulation de ces dernières soulignées par Pictet [1996] et Landry [1987], par les acteurs (reste à les identifier ainsi que les relations qui les lie) Martel, Rousseau [1993] et Knoepfel [1995] comme l'indique Joerin. F [1997].

I.2. 2. Constatations sur l'approche monocritère :

a. Des problèmes bien posés à la recherche de solution optimale excluant les préférences du décideur :

Le paradigme monocritère avait le mérite de déboucher sur des problèmes mathématiques bien posés, puis de façon indépendante par rapport à l'environnement, donc ne traduisant pas toujours la réalité [Adla. A 2010] puisque le problème pris dans un système, ou simplement relié à son environnement, est difficile à trancher selon l'approche résoudre – l'approche monocritère [Ackoff. R. L, 198], cette incapacité est due d'un côté à la difficulté de la modélisation des préférences sur un critère par une seule fonction voir impossible lorsqu'il ya plusieurs objectifs à atteindre tous à la fois, d'un autre côté il est rare que la comparaison de plusieurs actions possibles se fait selon un seul critère. [Adla. A 2010]

Scharlig. A [1985] explique la cause de la défet de ce paradigme dans certain domaines comme suit : « c'est qu'on lui a fixé, par une sorte de réflexe scientifique, un objectif trop ambitieux : celui de désigner en toutes circonstances la meilleure décision , l'optimum... même dans le cas où cette notion est vide de sens ». Comme l'a abordé clairement B. Roy [1981], il explique que l'existence d'une solution optimale serait conditionnée par trois contraintes, ces dernières [Joerin. F 1997] exigent d'une part que les différentes actions doivent être exclusives et d'autre part que l'ensemble de ces actions doit être exhaustif, ce qui

implique une obligation de trier de ces actions (au préalable et définitivement) entre possibles et impossibles ou considérées et négligées.

Quand-t-à l'optimum il perd sa validité [Joerin. F 1997], dès l'introduction d'une nouvelle action à cet ensemble et que l'existence de ce même optimum est tenue par la condition des préférences du décideur entre différentes actions, puisque cette condition n'implique que deux types de relations possibles (entre les actions) la préférence stricte et l'indifférence.

b. La sensibilité de la décision :

On entend par la sensibilité d'une décision la rapidité de son changement (ou le fait d'être influencé) dès que l'un des facteurs extérieurs change, citons lorsque le décideur ou le lieu de la prise de décision change. Cette même sensibilité illustrant le caractère subjectif [Joerin. F, 1997] est souvent perçue comme un défaut puisqu'elle est difficile à admettre et parfois confondue avec l'imprécision ou l'incertitude, alors qu'elle doit-être acceptée et identifiée. [Joerin. F, 1997]

I.2. 3. L'analyse Multicritère :

En raison du fait de l'existence de plusieurs critères qui régissent un système et guident son évolution, il était primordial « d'adopter l'optique multicritère, en matière de décision, renonçant ainsi à l'idée d'optimisation (chercher une solution acceptable) et délaissant les méthodes dures pour des méthodes plus « douces » » [Scharlig. A, 1985]

Selon Belton [1990], le but donc des méthodes multicritères serai de porter de l'aide aux décideurs dans le contexte d'organisation et de synthèse de données et ce pour les mettre à l'aise lors de leurs prise de décision. [Joerin. F, 1997]

Ce qui est à noter c'est que les problèmes dans l'optique multicritère sont mal posés puisque ils se rapprochent de plus en plus de la réalité et que la caractéristique de transition n'est pas imposée (contrairement à l'analyse monocritère), mais plutôt respectée.

Conclusion :

C'est grâce aux différents critiques adressés à l'aide monocritère à la décision que le paradigme multicritère à pu faire face, un paradigme recherchant une solution acceptable par un décideur qui a un poids dans le processus de la prise de décision, une présence absente et négligée par le paradigme monocritère.

Chapitre II: L'aide Multicritère à la décision :

Introduction :

Comme son nom l'indique, l'aide multicritère à la décision, vise à fournir au décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision à plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte. [Vincke. P, 1989]

II.1. Les différentes problématiques du champ théorique de l'aide à la décision :

II.1.1 Problématique du choix(ou de sélection) : P. α [Bernard. R ,1985 ;80]

Considérée comme étant la problématique la plus classique, la problématique du choix consiste à poser le problème en termes du « meilleur choix ». C'est par rapport à elle que se sont développées les procédures d'optimisation. Toute fois, la définition qui suit fait apparaître la problématique de l'optimisation comme un cas particulier de cette problématique du choix.

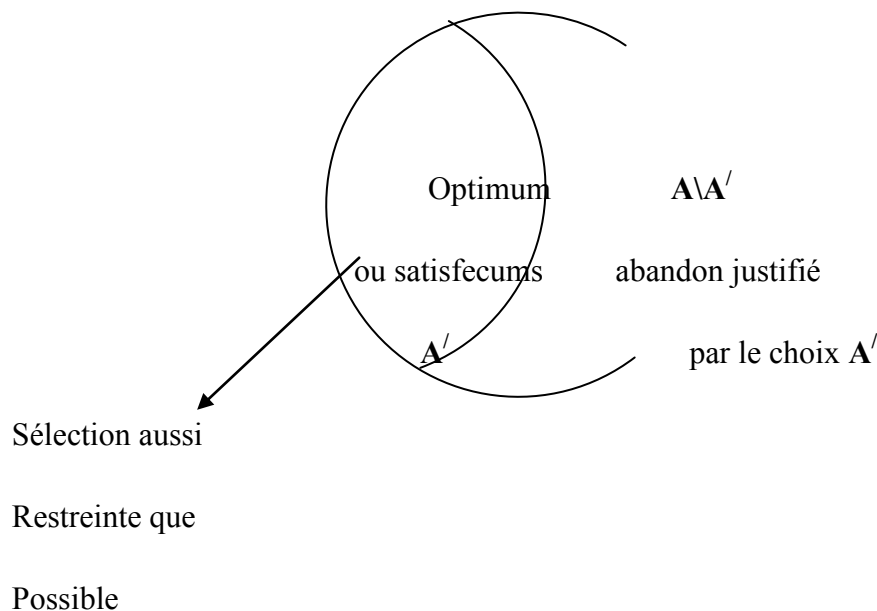
La problématique du choix P. α consiste à poser le problème en terme de choix d'une seule « meilleure » action ,c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'un sous ensemble A' de A aussi restreint que possible , conçu pour éclairer directement le décideur sur ce que doit être l'issue du prochain temps fort et ce compte- tenu du caractère éventuellement révisable et /ou transitoire de A ; cette problématique prépare une forme de prescription ou de simple participation visant :

- ✚ Soit à indiquer avec un maximum de précision et de rigueur une décision à préconiser ;
- ✚ Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure de sélection (d'une meilleure action) convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée.

Adopter cette problématique α (figure...) c'est chercher à tirer parti au maximum d'informations permettant de comparer entre eux les éléments de A pour justifier le « non choix » du plus grand nombre possible d'actions, étant entendu que l'idéal serait de pouvoir n'en conserver qu'une seule, s'imposant comme étant au moins aussi bonne que toutes les autres. L'obtention d'une telle action (optimum) peut cependant paraître impossible ou relever d'options arbitraires :

- ✚ Soit du fait du caractère révisable et /ou transitoire de A ;
- ✚ Soit parce que les éléments objectifs servant à asseoir la comparaison des actions sont insuffisamment précis ;
- ✚ Soit par suite de la multiplicité des systèmes de valeurs qui sont en jeu ;

Figure 2 : Aboutissement d'une problématique du choix



Source : Bernard. R ,1985 ; Op.cit ;81

Dans tous les cas, le choix dont il est question dans la problématique α concerne un sous-ensemble A' de A aussi restreint que possible :

- ✚ Que soit tel que, pour chaque action de $A \setminus A'$ (rappelons que $A \setminus A'$ est l'ensemble de tous les éléments de A qui ne sont pas dans A'), il existe une action de A' qui lui soit préférable (au yeux du décideur) ;
- ✚ Ou qui, à défaut, soit constitué d'actions que le décideur juge suffisamment satisfaisantes pour abandonner celles de $A \setminus A'$.

Lorsque A' n'est pas réduite à une seule meilleure action (optimum) , celles qu'il

Comme équivalentes et meilleures que toutes les autres (optimum) ;

- ✚ Comme optimales en égard à des systèmes de valeurs différents ;
- ✚ Comme découlant de recherches de compromis à partir d'options différentes ;
- ✚ Comme difficilement comparable en égard aux facteurs d'imprécision, d'incertitude, d'indétermination.

II.1. 2. Problématique du tri P.β : [Bernard. R ,1985 ; 84]

La problématique du tri prévaut lorsque l'on cherche à trier les actions potentielles en ayant recours à un examen : examen d'un dossier en vue de l'attribution d'un crédit, examen auquel on soumet à un candidat pour l'attribution d'un diplôme, examen que l'on fait subir à un patient en vue d'un diagnostic,...

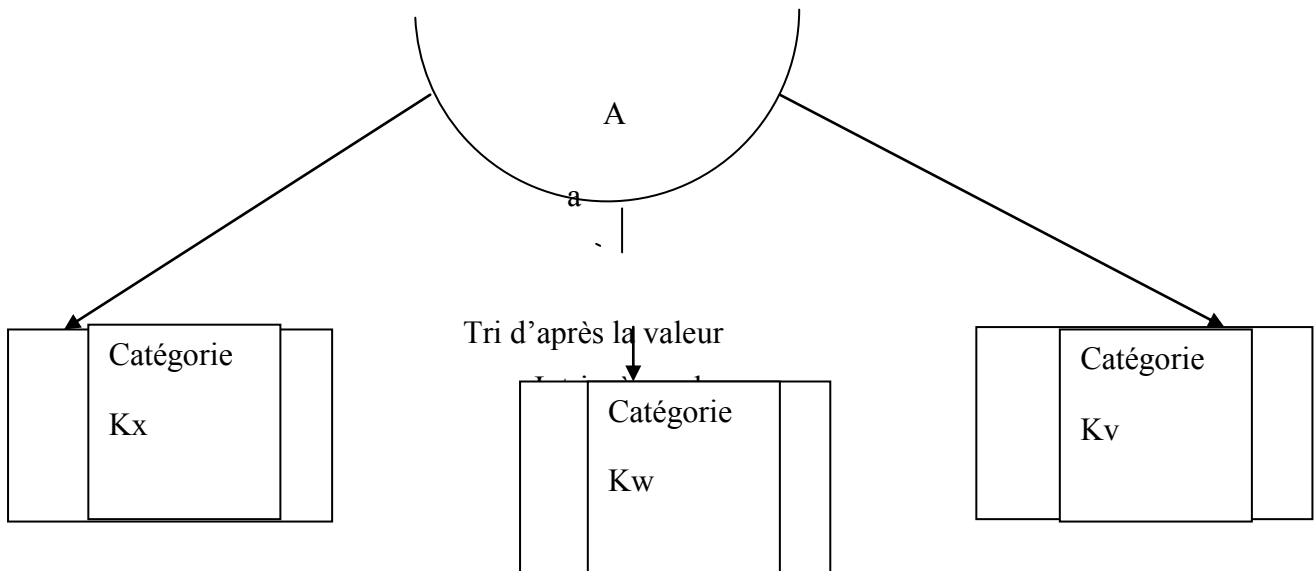
Cette problématique consiste à poser le problème en termes de tri des actions par catégories , celles-ci étant conçues relativement à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir, c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'une affectation des actions de **A** à ces catégories en fonctions de normes portant sur la valeur intrinsèque de ces actions et ce compte-tenu du caractère révisable et/ou transitoire de **A**; Cette problématique prépare une forme de prescription ou de simple participation visant :

- ✚ Soit à préconiser l'acceptation ou le rejet pour certaines actions, d'autres pouvant donner lieu à des recommandations plus complexes compte-tenu de la conception des catégories ;
- ✚ Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure d'affectation à des catégories de toutes les actions convenant à une éventuelle utilisation répétitive et /ou automatisée.

Adopter cette problématique β (figure 3) , c'est chercher à tirer parti au maximum d'informations permettant de délimiter le « certainement bon » , le « certainement vrai » , le « probablement satisfaisant » , le « sûrement mauvais » , le « sûrement faut » ,...D'une façon générale , il s'agit de caractériser les conditions d'appartenance à divers catégories définies dans la perspective de la prescription pour justifier en fin de compte une partition de **A** sur la base de ces catégories (exemple : actions acceptées, actions refusées, actions différées pour complément d'information). Afin d'être utilisable par le décideur, chaque catégories doit être conçue en fonction d'un traitement spécifique ultérieur des actions qu'elles contiennent. La segmentation peut évidemment incorporer des catégories

spécialement conçues pour recevoir des actions dont l'affectation à telle ou telle catégorie pourrait donner lieu à hésitation. C'est bien à de telle partitions que conduisent les examens d'orientation scolaire ou encore les examens (radiographique, sanguin,...) que l'on fait subir à un patient pour l'identification d'une maladie.

Figure 3 : Aboutissement d'une problématique du tri à partir de catégories prédéfinies permettant une segmentation de A



Source : Bernard. R ,1985 ;81

Le tri dont il est question dans la problématique β consiste à affecter chaque action à une et une seule des catégories conçue pour orienter la décision : chacune de ces catégories devant jouir d'une définition intrinsèque, c'est-à-dire ne faisant pas fondamentalement référence aux autres catégories. Faisons observer que la dichotomie $A', A \setminus A'$ à laquelle conduit la problématique α ne relève pas d'un tel tri d'appréciation de la valeur intrinsèque de chacune.

II.1. 3. Problématique du rangement P. γ : [Bernard. R ,1985.87]

Dans ce qui suit, nous considérerons que les dernières classes, dans la mesure où elles ne sont pas des classes d'équivalence au sens des préférences, ne font pas partie du classement puisque seule la tête du classement renferme des actions suffisamment « satisfaisantes » (il est parfois inutile d'affiner les classes qui viennent en queue).

Partie I : L'aide à la décision –de l'analyse monocritère vers l'analyse multicritère

La problématique du rangement $P.\gamma$ consiste à poser le problème en termes de rangement des actions de A ou de certaines d'entre elles, c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'un classement défini sur un sous-ensemble de A conçu en vue de discriminer les actions se présentant comme « suffisamment révisable et/ou transitoire de A » ; cette problématique prépare une forme de prescription ou de simple participation visant :

- ✚ Soit à indiquer un ordre partiel ou complet portant sur des classes regroupant des actions jugées équivalentes ;
- ✚ Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure de classement (de tout ou partie de A) convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée.

L'adoption d'une telle problématique c'est chercher à tirer parti au maximum d'informations permettant de comparer entre eux les éléments de A pour découvrir , départager et finalement ranger en classes successives les actions d'un sous-ensemble A' de A . Un tel rangement, conçu pour aider le décideur, doit-être le reflet d'une supériorité, d'une importance ou d'une priorité plus ou moins grande que le décideur attache à chaque action de A' . Il est destiné à guider sa réflexion, à orienter ses discussions avec les autres intervenants et, plus généralement, à lui servir de cadre pour affronter le prochain temps fort du processus de décision.

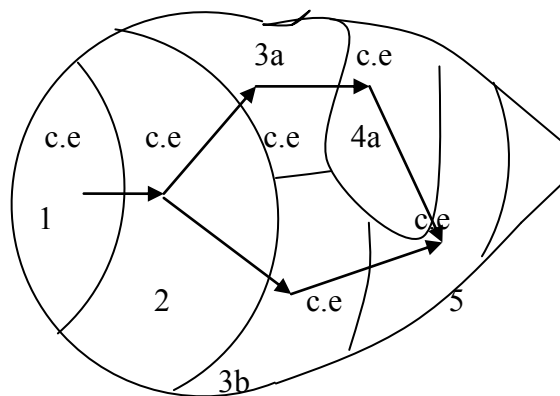
Le rangement dont il est question dans la problématique γ consiste à affecter un « rang de classement » à chaque action d'un sous-ensemble A' de A , deux actions ayant même rang lorsque les données ne permettent pas de départager en égard au prochain temps fort ; le rang des classes ainsi conçues permet de les ordonner, complètement ou partiellement (figure II-4.), en conformité avec les préférences. Donc, contrairement aux catégories de $P.\beta$, les classes de $P.\gamma$ ne relèvent pas d'une définition a priori : la signification de chacune n'est que relative puisqu'elle dépend de sa position dans le classement. De même que dans $P.\beta$ l'existence de catégories destinées à recevoir des actions dont la valeur intrinsèque est ambiguë mérite d'être envisagée pour éviter des affectations arbitraires, il est prudent ,dans $P.\gamma$, de ne pas systématiquement imposer de parvenir à un ordre complet¹ sur les classes . En

¹ On appelle un couple de relations binaires (T, V) sur un ensemble B un pré-ordre complet si :

- T et V sont exhaustives et mutuellement exclusives ;
- V est asymétrique et transitive ;
- T est asymétrique et transitive ;

effet, l'imprécision des données, l'antagonisme des critères, la multiplicité des systèmes de valeurs peuvent rendre peu significatif et difficilement utilisable tout ordre complet. Au contraire un ordre partiel situant chaque classe non nécessairement par rapport à toutes les autres pourra avoir, dans certains cas, une signification et un intérêt beaucoup plus grand.

Figure 4 : Aboutissement d'une problématique du rangement :



Les classes d'équivalence (c.e) sont définies de façon contingente et organisées selon un rangement (symbolisé par flèche) non nécessairement complet.

Source : Bernard. R ,1985, p86

Précisons que la dichotomie (A' , $A \setminus A'$) à laquelle conduit $P.\alpha$ ne peut généralement pas être regardée comme un rangement résultant d'une problématique γ dont A' serait la première et seule classe d'équivalence ($A \setminus A'$ réunissant d'autres éventuelles classes primitivement explicitées). En effet, dans $P.\alpha$, le sous-ensemble A' ne vise pas à regrouper des éléments équivalents au sens de $P.\gamma$. De plus, la première classe qui résulte de $P.\gamma$ n'est définie ni en vue d'un choix devant être restreint à une seule meilleure action, ni avec le souci d'être aussi restreinte que possible. Ces deux problématiques correspondent donc à des optiques très différentes.

II.1. 4. Problématique de la description $P.\delta$: [Bernard. R ,1985 ;88]

Cette problématique consiste à poser le problème en termes limités à une description des actions de **A** et/ou de leur conséquences , c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'informations relatives aux actions potentielles conçues en vue d'aider directement le décideur à les découvrir , à les comprendre ,à les juger et ce compte-tenu du caractère révisable et/ou transitoire de **A** ;cette problématique prépare une forme de prescription ou de simple participation visant :

- ✚ Soit à présenter une description systémique et formalisée des actions et de leur conséquences qualitatives ou quantitatives ;
- ✚ Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure cognitive convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée.

A cette problématique se réduit n'importe quelle autre lorsque les exigences auxquelles une action **a** doit satisfaire pour appartenir à **A** s'avèrent, à l'examen, si contraignantes que **A** est vide. Ce cas n'est pas exceptionnel et, dans la mesure où **A** est révisable, il n'a rien de détonnant. La problématique δ consiste à reconsidérer une à une les exigences , à tenter de les réviser de manière à mettre en évidence des actions potentielles, chacune étant accompagnée des tolérances ou des transformations qu'elle implique relativement aux contraintes de l'environnement.

Selon **Kaufmann et Desbazeille (1969), Roy (1970)**, certaines procédures, comme celles liées aux méthodes à chemins critiques, fournissent spontanément des informations essentielles qu'il suffit d'exploiter méthodiquement pour procéder à la révision de **A** que sa vacuité impose. La première tentative d'approche générale systémique du problème (à noter connaissance) fût par **Bartier** vers **1966**. [P. Bartier et Co ;1966]

II.1. 5. Choix de la problématique :

Ce qu'il faut noter qu'une problématique adoptée peut correspondre [B.Roy, 1985, p90] :

- ✚ Soit à l'une des quatre problématiques ou référence ou à une forme restreinte de l'une d'entre elles (problématique de l'optimisation comme cas particulier de la problématique $P.\alpha$) ;
- ✚ Soit à une combinaison des quatre problématiques faisant intervenir en séquence deux (exceptionnellement davantage) d'entre elles et ce sans qu'ait à intervenir la moindre décision partielle intermédiaire susceptible de marquer un changement dans l'état d'avancement de processus de décision ;

- ✚ Soit enfin à ce que nous appellerons une problématique mixte, c'est-à-dire non réductible à l'un des schémas simples décrits dans les deux cas précédents.

Le choix de la problématique peut être influencé par des facteurs que nous regroupant en trois catégories [P. Bartier, 1966, p91] :

- a) Ceux ayant trait aux invariants caractéristiques de l'état d'avancement du processus de décision :** Il arrive que l'un des acteurs (l'homme d'étude) soit amené à exclure certaines problématiques, du fait des conditions d'accès à l'information, du rôle et de l'attitude des différents acteurs (principalement du décideur et du demandeur) et de l'objet même de la décision, ces facteurs n'interviennent qu'en second degré :

- ✚ Par les présupposés qu'ils sous-tendent relativement à la nature et à la qualité des informations disponibles (à noter qu'en retour la problématique choisie influence l'élaboration de ces informations) ;
- ✚ Par l'influence qu'ils ont sur la conception du prochain temps fort et la modélisation des actions potentielles.

- b) Ceux découlant de la portée et des limites de la phase d'étude :**

La problématique peut être pratiquement imposée par le prochain temps fort tel qu'il apparaît à l'homme d'étude ou tel que ce dernier l'a conçu en relation avec d'autres acteurs. Il en va cependant souvent autrement lorsque la portée et les limites de la phase d'étude ne sont pas nettement circonscrites par rapport à la décision finale. Donc il suffit de pouvoir décomposer la phase d'étude en deux ou de devoir réunir (lorsqu'il ya impossibilité d'obtenir une décision partielle intermédiaire) deux phases d'étude en une, pour être obligé de reconsidérer la problématique.

- c) Ceux liés à la modélisation des actions et de l'ensemble A :**

Le choix de la problématique a pour cause et conséquence la conception de A. Les options correspondantes ne se laissent donc pas aisément hiérarchiser. Les difficultés qui en résultent pour la modélisation se font clairement sentir, et afin de mieux faire ressortir cette double dépendance, mentionnons encore le fait que :

- ✚ Vouloir substituer $P(A)$ à A dans le but de passer d'une conception fragmentée de l'ensemble des actions potentielles à une conception globalisée nécessite de reconsidérer la problématique.
- ✚ Vouloir adopter la problématique de l'optimisation oblige généralement à se plier à une conception globalisée de A.

Tableau 2 : Les différentes problématiques de référence

Problématique	Objectif	Résultat
A	Eclairer la décision par le choix d'un sous-ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action , ce sous-ensemble contenant des « meilleurs » actions (optimums) ou, à défaut , des actions « satisfaisantes » (satisfecums)	Un choix ou une procédure de sélection
B	Eclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie ; les catégories étant définies a priori en fonction de normes ayant trait à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir.	Un tri ou une procédure d'affectation
Δ	Eclairer la décision par un rangement obtenu en regroupant tout ou partie (les « plus satisfaisantes ») des actions en classes d'équivalence, ces classes étant ordonnées, de façon complète ou partielle, conformément aux préférences	Un rangement ou une procédure de classement
Γ	Eclairer la décision par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences	Une description ou une procédure cognitive

Source :B.Roy ,1985,op.cit ;p74

II.2 Les méthodes classique de résolution : [Serge Bellut ; 2002, p141]

II.2.1 La méthode des élections : (Le paradoxe de Condorcet) [Serge Bellut ; 2002, p141]

Un ingénieur doit acquérir pour le compte de son entreprise de nettoyage une nouvelle machine de décapage. Il a sélectionné dans les offres des fournisseurs trois propositions que nous désignerons respectivement par A, B et C. Afin d'éclairer son choix, il fait appel à ses collaborateurs, soit 15 personnes .Il demande d'abord à chacun de classer les trois machines suivant ses préférences. Il obtient les résultats suivants :

Tableau 3 : Tableau des résultats

Ordre de classement	Nombre de personnes
A préférable à B préférable à C	Par 2 personnes
A préférable à C préférable à B	Par 4 personnes
B préférable à A préférable à C	Par 3 personnes
B préférable à C préférable à A	Par 2 personnes
C préférable à B préférable à A	Par 4 personnes

Puisque les préférences sont trop dispersées, il lui est difficile de choisir ainsi. Cela provient du fait que chaque collaborateur n'a regardé dans la machine que ce qui correspond à son propre domaine d'activité , bien souvent en ignorant le reste , consciemment ou inconsciemment.

Ainsi, le gestionnaire aura préféré la machine la moins chère, le technicien la plus performante, le service maintenance de l'entreprise la plus facile à entretenir, etc. ; Mais cet ingénieur veut, dans sa décision, un choix rationnel multicritères. Il cherche à avoir un projet d'entreprise en ramenant les préoccupations légitimes de chaque service à leur juste place sans ignorer ni favoriser personne. Il ne veut pas d'un projet « partisan ».

Pour choisir, il décide de procéder comme pour une élection, en considérant que

A obtient $2+4=6$ voix

Partie I : L'aide à la décision –de l'analyse monocritère vers l'analyse multicritère

B obtient $3+2=5$ voix

C obtient $4+0=4$ voix

Ce qui impliquerait de choisir A.

Cependant, ce procédé ne le satisfaisant pas entièrement, il pense utiliser un autre mode d'élection : une élection en deux tours.

Il considère que chaque personne vote pour les deux meilleures machines seulement au premier tour. Ceci conduira à éliminer la machine qui obtiendra le moins de voix. Compte tenu de cette élimination, il comptera les voix obtenues par les machines restantes. Les deux premières personnes ont ainsi retenu A et B et éliminer C. Le premier tour donne A : $2+3+4=9$ voix

$$B : 2+3+2+4 = 11 \text{ voix}$$

$$C : 4+2+4 = 10 \text{ voix}$$

Donc A est éliminé au premier tour.

Au second, compte tenu de l'élimination de A , on accorde une voix à la machine préférée entre B et C.

Le second tour donne B : $2+3+2 = 7$ C : $4+4 = 8$

Ce serait donc C qui serait retenu.

Cette divergence de résultats rend perplexe cet ingénieur qui comprend fort mal qu'à partir de la même expression d'un vote, le résultat puisse être différent en changeant le système de comptage des voix.

Il décide d'aller encore plus loin et d'utiliser une troisième méthode , en accordant trois points à la machine lorsqu'elle est en première position, deux points pour la seconde position et un point pour la troisième position, il obtient :

$$A : 6+12+6+2+4=30 \quad ; \quad B : 4+4+9+6+8=31 \quad ; \quad C : 2+8+3+4+12=29$$

Donc c'est la machine B qui est désignée par ce troisième mode de calcul. Dans sa rationalité scientifique, il en déduit, un peu hâtivement, et que ce type de méthode n'est pas approprié à un choix collectif...Il n'a qu'en partie raison, puisque par l'énoncé de son «

paradoxe », Condorcet avait montré que lors d'une élection, le résultat dépend autant du vote des électeurs que du système adopté se valent, mais qu'aucun ne permet de déterminer rationnellement l'optimum en fonction des objectifs des électeurs. Ayant constaté, pour le cas qui le préoccupe, la faillite de la méthode dite « des élections », il imaginera une autre façon de choisir, ce qu'il faut voter c'est que si une majorité de ses collaborateurs avait effectué le même classement, il est bien évident qu'un même résultat aurait pu être obtenu par les différents systèmes.

II. 2. 2 La méthode de la somme pondérée (the linear averaging method or weighted point method)

Appelée également « méthode des examens » ou encore « logique compensatoire », la méthode de la somme pondérée est très utilisée dans l'entreprise, essentiellement pour choisir une solution technique issue d'études comparatives provenant de l'analyse de la valeur, ou pour choisir un fournisseur parmi ceux qui ont répondu à un appel d'offres ou à une consultation. Elle est mise en œuvre avec un groupe de travail [S.Bellut,20002,p144].

Elle consiste à se fixer un ensemble de critères et à les classer en affectant à chacun d'eux un poids [Hammami. A, 2003;p49], nous entendons par poids la mesure de l'importance relative entre les critères telle qu'elle est vue par le décideur. La formule mathématique la plus simple dans la famille de méthodes multicritères est la moyenne pondérée peut prendre la forme suivante [Udisubakti Ciptomulyono, 2000,p 74] :

$$R(a_i) = \sum_{j=1}^m w_j a_{ij} \quad i=1,2,\dots,n$$

Où:

$R(a_i)$: évaluation global de l'alternative a_i ,

a_{ij} : performance de l'alternative i sur le critère j ,

n : nombre d'alternatives potentielles,

m : nombre de critères d'évaluation,

w_j : importance relative du critère j dans l'évaluation.

Cette méthode se présente comme suit [Hammami. A, 2003;p49] :

1. Arranger les critères (pertinents à la problématique) identifiés en catégories homogènes.
2. Affecter des poids (traduisant l'importance relative des critères) aux critères listés et construire une matrice pour procéder à une moyenne linéaire.
3. Développer des procédures spécifiques pour mesurer les performances. Evaluer chaque action sur chacun des critères en se référant aux procédures développées
4. Calculer le score global (weighted-ratings) pour chaque action.

Il est impérativement obligatoire de faire le tour des propriétés de la formule mathématique utilisée afin de les respecter, car la forme additive implique que les taux de substitution entre les points de vue soient constants et que soient satisfaites les propriétés d'indépendances préférentielles qui ont fait l'objet d'étude de la théorie de l'utilité « multi-attribut » [Zeleny, 1982].

Pour ce qui est de Souder [1984] il propose un modèle Scoring, une variante importante de cette catégorie de modèles, pour déterminer le projet industriel qui devrait être choisi. Ce modèle peut être appliqué en cinq étapes [Tang et Phataralaoha, 1987] en vue d'évaluer et de sélectionner un projet de type public :

1. Développer une liste de projets proposés à réaliser ;
2. Déterminer les facteurs critiques éventuels susceptibles d'écarter certains projets ;
3. Définir les mesures des facteurs objectifs (OFM_i) ;
4. Définir les mesures des facteurs subjectifs (SFM_i) qui ont été donnés par un score d'échelle de 0 à 10 ;
5. Déterminer la mesure performance de l'option i (PM_i) en considérant les deux mesures objectives et subjectives ainsi calculées aux étapes 3 et 4 :

$$PM_i = (\alpha) OFM_i + (1-\alpha) SFM_i$$

Le coefficient (α) dépend de la préférence du gestionnaire accordé aux mesures subjectives et objectives.

Le modèle « Scoring » peut être appliqué [Tabucananin et Masum 1991] aussi pour sélectionner les projets industriels pour promouvoir l'investissement, alors ce modèle ne fait que substituer à un problème multicritère du genre :

Optimiser $\{ g_1(a), g_2(a), \dots, g_m(a) / a \in A \}$ (1)

et le problème multicritère est de type :

Où :

$U(a) = U\{ g_1(a), g_2(a), \dots, g_m(a) / a \in A \}$

$U(a)$: Une fonction d'utilité qui agrège les m critères ;

A : L'ensemble des solutions alternatives ;

g_1, \dots, g_m : les m critères d'évaluations de ces alternatives , qui peuvent aussi exprimer les objectifs du décideur .

La fonction $U(a)$ ainsi construite (en tenant compte de l'information disponible concernant les préférences du décideur), pourra prendre la forme suivante :

$$U(a) = \sum_{j=1}^m \lambda_j \cdot u_j [g_j(a)] \quad (2) \quad \lambda_j \geq 0$$

Où :

u_j : est la fonction d'utilité marginale correspondant au critère g_j ;

λ_j : la coefficient de pondération ;

On reproche à cette formule :

- ✚ La structure de l'équation (1) est différente de celle de l'équation (2) : la relation de dominance est remplacée par un ordre total sur A . C'est -à-dire une solution optimale est proposée pour des problèmes qui par leur nature n'en possède pas.
- ✚ La détermination des utilités u_j et des coefficients λ_j est délicate et influence les résultats obtenus.

C'est de peur d'influencer (positivement ou négativement) le comportement de la personne interrogée lors de la collecte de donnée de préférences, que les décideurs s'emportent encore plus l'utilisation des logiciels interactifs conviviaux. [Forman et Saaty, 1995].

Cette méthode est la plus utilisée ;grâce à sa facilité de compréhension et d'application, de caractère compensatoire elle présente une difficulté concernant la détermination des procédures de la conversion des évaluations qualitatives en évaluations quantitatives.

II. 2.3 La méthode catégorique (categorical method) :[Timmerman 1986] [Hammami,2002 , p47] :

Cette méthode comme son nom l'indique consiste à faire l'évaluation des performances de chaque action par rapport à chaque critère , et ce en affectant un « grade » : un terme catégorique simple, « Bon » , « Insatisfaisant » , « Neutre » , ainsi sera clôturée la première étape, la deuxième consistera à effectuer la somme des évaluations de chaque action pour obtenir un score global par action .

Cette méthode est compensatoire, facile à mettre en œuvre , mais vue qu'elle fait appel à des jugements basés sur la mémoire et l'expérience du décideur , elle nous fournis des évaluations des fournisseurs par rapport aux critères fixés pas précises .

II. 2.4 La méthode de « La Cost-Ratio Method » [Timmerman 1986, Hammami, 2003, p48]

Les fondements théoriques de cette méthode sont faciles et elle est plus précise que la méthode catégorique, elle consiste à déterminer un coût global par produit : c'est la somme des coûts d'acquisition et des coûts internes relatifs à la qualité, au délai et aux services associés. En premier lieu il faut déterminer les coûts internes associés à la qualité, au délai et aux services et ce pour une conversion (des coûts) vers des ratios calculés par rapport au coût d'acquisition, en suite faire la somme des ratios relatifs à chacun des coûts pour obtenir un ratio global (c'est la pénalité globale).Et afin d'obtenir un coût net ajusté on doit appliquer le ratio global au coût unitaire d'acquisition du produit .

II. 2.5 Méthode lexicographique :

Cette méthode s'applique dans certaines situations où on est en mesure d'établir une relation de dominance dictatoriale entre les critères ($g_{(1)} \gg g_{(2)} \gg \dots \gg g_{(n)}$). Ainsi on ne

tiendra compte des critères les moins importants que lorsque les comparaisons effectuées sur ceux de plus grande importance ne permettent pas la discrimination entre les actions.

Cette méthode est totalement non compensatoire et permet de mesurer des critères sur des échelles hétérogènes.

II.2. 6 Méthode conjonctive :

Cette méthode permet la mesure des critères sur des échelles hétérogènes, exigeant de fixer des seuils d'admissibilité pour chaque critère, aussi permet d'extraire un ensemble d'actions jugées assez bonnes parmi toutes les actions possibles , elle consiste à se fixer des niveaux minima d'acceptation sur chacun des critères , ainsi toute action n'ayant pas respecté ces niveaux minima d'admissibilité sera écartée donc en premier lieu il faut fixer un niveau minimal e_j^0 pour chaque critère j (niveau de ou excède ce niveau minimal fixé ($e_{ij} > e_j^0$), pour finir rejeter les actions qui ne vérifient pas la condition précédente ($e_{ij} > e_j^0$) . Cette méthode est totalement compensatoire.

II.2.7 Méthode disjonctive :

Elle est totalement non compensatoire, permettant de mesurer des critères sur des plus élevées sur n'importe lequel des critères. Elle conduit à sélectionner les actions qui ont des performances exceptionnelles sur certains critères. Donc il faut fixer un niveau désiré e_j^* pour critère puis vérifier que pour chaque action i sa performance sur au moins un critère est égale ou excède ce niveau désiré ($\exists j / e_{ij} > e_j^*$), et ce pour pouvoir rejeter les actions qui ne vérifient pas cette condition .

II. 2. 8 Méthode du Maxmin :

C'est afin de choisir une action (considérée comme la meilleure action), qu'on utilise la méthode « Maxmin » et ce suivant l'expression (3) :

$$a^* = \{a_i \in A , \text{Max}_i(\text{Min}_j(g_j[a_i])) , i = 1,2,\dots,n ; j = 1,2,\dots,m \} \quad (3)$$

Comme son nom l'indique la méthode cherche à sélectionner le maximum (selon les actions) des évaluations minimums(selon les critères) ; Ainsi , la performance globale d'une action est déterminée par sa pire performance , « la force d'une chaîne correspond à celle de

son maillon le plus faible ». Cette procédure est appropriée dans le cas où le décideur a une attitude pessimiste. [Guitouni , 1998]

Conclusion :

En raison de leur simplicité, les méthodes de résolution classiques contenues dans ce chapitre peuvent être qualifiées de méthodes de résolution introductives aux méthodes de résolution plus complexes, il s'agit des méthodes d'optimisation mathématiques et celles de l'aide à la décision multicritère : approche du critère unique de synthèse, évacuant toute incomparabilité (agrégation complète transitive), approche du surclassement de synthèse, acceptant l'incomparabilité (agrégation partielle), approche du jugement local interactif avec itérations essai-erreur (agrégation locale et itérative), ces méthodes feront l'objet de la suivante partie.

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères

Chapitre III : Les méthodes d'optimisation mathématique multicritères (MOM)

Introduction

Ces méthodes sont bien développées et détaillées dans Hillier et Liberman[2001] ,la problématique de sélection est multicritère dans le sens où l'évaluation d'une action se fait souvent en considérant plusieurs critères à la fois, dans ce qui suit nous traiterons de se qui est intégration de plusieurs critères et ça se fait de trois façons différentes [Hammami,2003,p 54]¹.

III. 1. Programmation par objectifs (Goal Programming :GP)

Existant sous divers versions , ce modèle a été utilisé dans plusieurs domaines, il a été développé par Charnes, Cooper et Fergusson[1955] et Charnes et Cooper [1961] dans sa forme linéaire , puis popularisé par les applications de Lee[1972,1973],Lee et Clayton [1972], Lee et al [1978] et Ignizio [1978] ainsi que par d'autres chercheurs .[Belaid.A , 1998 , p 16]

L'essence du goal programming (GP) réside dans le concept de satisfaction d'objectifs : on se fixe un but g_i à atteindre pour chacun des critères.

III.1.1.La forme standard du modèle GP : Il s'agit de minimiser la somme des valeurs absolues des écarts par rapport aux buts [Charnes et Cooper, 1961] :

¹ Les travaux de Abdelkader HAMMAMI (26/09/2003) sur La modélisation Technico-économique d'une chaîne logistique dans une entreprise réseau (L'école nationale supérieure des Mines de Saint-Etienne, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, France), PhD de la Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec, Canada. Il propose une démarche d'aide à la décision basée sur les concepts d'optimisation multicritère, qui consiste à répartir les activités entre membres réseau en deux étapes, permettant ainsi de satisfaire simultanément les objectifs de performance a court terme et l'évolution des compétences à long terme au sein du réseau. Cette démarche intègre l'aspect stochastique qui peut affecter la performance globale de ce type d'organisation et ce à travers un modèle basé sur les concepts de fiabilité. Il a supposé que l'adoption des concepts de chaîne logistique par un groupement d'entreprises s'avère fructueuse, cette question à intéressé des chercheurs de différentes disciplines dont notamment l'approvisionnement et l'achat, la logistique et le transport, le marketing, l'organisation industrielle,

Pour traiter ce problème, à savoir la modélisation d'une chaîne logistique dans un réseau d'entreprises, c'est-à-dire proposer un modèle technico-économique de conception et de gestion d'une chaîne logistique dans une organisation en réseau, ce modèle doit aider à l'analyse, à l'évaluation et à la restructuration des processus du réseau afin d'améliorer ses performances (l'évaluation de la fiabilité), il a structuré le contenu de sa thèse en trois parties scindées en six chapitres. La première partie traitant de ce qui est de la problématique de l'étude (chapitre 1) et de la conception et gestion d'une chaîne logistique (chapitre2), la deuxième partie sur la quelle nous nous sommes basés, l'un des deux chapitres, a été consacré à la présentation d'une panorama des approches d'agrégation multicritère, à savoir les méthodes élémentaires, les méthodes d'optimisation mathématique et les méthodes d'aide à la décision multicritère (les fondements de chaque méthode, les avantages et les limites). La troisième et dernière partie concernait l'étude de cas.

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

$$\text{Min} \sum_{i=1}^p |f_i(x) - g_i|$$

Sujet aux contraintes : $Cx \leq c$ (contraintes du système);

$$X_j \geq 0 \text{ (pour } j=1,2,\dots, n \text{)} ;$$

Où : $f_i(x)$: représentent les objectifs avec $f_i(x) = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j$ (pour $i=1,2,\dots, p$)

g_i : le but fixé pour le i -ème objectif (pour $i= 1,2,\dots, p$)

x_j : la j -ème variable de décision (pour $j=1,2,\dots, n$)

a_{ij} : les paramètres technologiques ;

C : la matrice des coefficients reliés aux contraintes du système ;

c : le vecteur des ressources disponibles.

Ce modèle peut être réécrit sous la forme linéaire suivante [Martel et Belaid , 1998, p128] :

$$\text{Min} \sum_{i=1}^p (\delta_i^+ + \delta_i^-)$$

Sujet aux contraintes : $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i$ (pour $i= 1,2,\dots,p$) ;

$$Cx \leq c \text{ (contraintes du système) ;}$$

$$X_j \geq 0 \text{ (pour } j=1,2,\dots,n \text{)} ;$$

$$\delta_i^+, \delta_i^- \geq 0 \text{ (pour } i=1,2,\dots,p \text{)} ;$$

Où :

δ_i^+ : l'écart positif de x par rapport au but ;

δ_i^- : l'écart négatif de x par rapport au but ;

$g_i(x)$: l'évaluation de la solution x par rapport au critère i .

Le modèle du GP a connu plusieurs variantes. A titre d'indication , nous citons : le GP pondéré , le GP lexicographique , le « Integer GP » , le GP non linéaire , le GP stochastique , le GP fractionnel , le GP interactif , le GP avec intervalles , le GP flou , le « Minmax GP » , le « Chance Constrained GP » et le « GP and constrained regression » .[Belaid,1998 , p21]

III.1.2. Les principales variantes du modèle du GP :

III.1.2.1. Le GP pondéré (GPP) : (WGP : Weighted Goal Programming) :

Ce modèle consiste à amplifier les déviations négatives et positives à l'aide des coefficients de pondération ou encore les coefficients d'importance relatives (ou de poids relatifs). [Martel et Belaid , 1996, p259]

$$\text{Min } \sum_{i=1}^p (w_i^+ \delta_i^+ + w_i^- \delta_i^-)$$

$$\text{s.a.c : } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i \quad (\text{pour } i = 1, 2, \dots, p);$$

$$Cx \leq c \text{ (contraintes du système) ;}$$

$$X_j \geq 0 \text{ (pour } j=1, 2, \dots, n) ;$$

$$\delta_i^+ \text{ et } \delta_i^- \geq 0 \text{ (pour } i= 1, 2, \dots, p) ;$$

III.1.2.2. Le GP lexicographique (GPL) :

A l'aide de cette variante du GP, le décideur est appelé à fournir un ordre de priorité de ses objectifs. Ainsi, ces derniers sont regroupés dans des classes respectant l'ordre de priorité. Donc il s'agit de minimiser les déviations par rapport aux buts fixés pour chaque objectif, tout en tenant compte des priorités exprimées par le décideur relativement aux p objectifs donc d'une manière lexicographique [Ijiri 1965].

Pour ce faire, on procède comme suit [Hammami, 2003, p 56] :

- ✚ Etape 1 : Classer les critères par ordre d'importance.
- ✚ Etape 2 : Sélectionner les actions qui minimisent l'écart par rapport au premier critère seulement –appelons ce sous-ensemble d'actions A1-.
- ✚ Etape 3 : Parmi les actions de A1, sélectionner celles qui minimisent la somme des déviations (ou bien la somme pondérée des déviations) par rapport aux deux premiers critères (les deux critères ayant les plus grandes importances) le sous-ensemble obtenu est A2 .
- ✚ Etape 4 : Procéder de la même manière pour obtenir un sous-ensemble A3 à partir de A2.

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

- ✚ Etape 5 : Continuer la procédure de proche en proche et arrêter lorsque la condition d'arrêt (obtention d'un nombre d'actions désirées ou bien arrêt au K^{ième} critère ou bien ...) est satisfaite.

La représentation algébrique du LGP s'écrit comme suit :

$$\text{Lex.min} [l_1 (\delta^-, \delta^+), l_2 (\delta^-, \delta^+), \dots, l_q (\delta^-, \delta^+)]$$

$$\text{s.a.c : } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i \quad (\text{pour } i = 1, 2, \dots, p);$$

$$l_l (\delta^-, \delta^+) = w_{l1}^- \delta_1^- + \dots + w_{lp}^- \delta_p^- + w_{l1}^+ \delta_1^+ + \dots + w_{lp}^+ \delta_p^+ \quad l=1, 2, \dots, q$$

q : étant le nombre de niveaux de priorité.

N.B. L'approche de Tamiz et Jones (1995) tente d'introduire le nombre minimal de variables et contraintes (particulièrement les variables binaires) cette approche peut être utilisé dans le cas du WGP et LGP.

III.1.2.3. MinMax Goal Programming :

Cette variante du GP à pour but de minimiser l'écart maximum par rapport aux buts [Falvell, 1976], l'idée de ce GP fût inspirée de la théorie des jeux [Tomas Gal et al 1999].

$$\text{Min}_{x \in A} D = \text{Max} | g_i(x) - b_i | \quad \text{Min } D$$

$$\text{s.à : } C_l(x) \leq 0, l = 1, 2, \dots, q \quad \Leftrightarrow \quad \text{s.à : } | g_i(x) - b_i | \leq D, 1 \leq i \leq p$$

$$C_l(x) \leq 0, l = 1, 2, \dots, q \quad D \text{ devient une variable}$$

III.1.2.4. Le GP Flou : The fuzzy GP (FGP) :

En premier se sont Narasimhan [1980] et Hannan [1981; 1981] qui ont fait l'initiative de développer cette variante du GP en s'inspirant de la notion des fonctions d'appartenance introduite par Zadeh [1965] et Bellman et Zadeh dans le modèle.

La formulation du Goal Programming flou à été utilisé et adapté a divers domaines tel que : la planification agricultural [Sina et al, 1988, p93-101], l'industrie, les problèmes de transport sous contraintes budgétaires.

Sa forme algébrique est comme suit [Martel et Belaid, 1996, p260] :

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

Maximiser $z = \lambda$

Sujet à : $(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j / \Delta_i) - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i / \Delta_i$ pour $i=1,2,\dots,p$;

$\lambda + \delta_i^- + \delta_i^+ \leq 1$ pour $i=1,2,\dots,p$;

$Cx \leq c$ contraintes du système ;

$\lambda, \delta_i^-, \delta_i^+, x_j \geq 0$ pour $j=1,2,\dots,n$; et $i=1,2,\dots,p$.

Où : Δ_i : est la constante de déviation par rapport aux degrés d'aspiration g_i

La valeur de Δ_i est fixée de manière subjective par le décideur.

L'équilibre linéaire de cette formule est comme suit [Hannan ,1981-a, p 522-531] :

$$\text{Fonction d'appartenance} = \begin{cases} 0 & \text{si } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq g_i - \Delta_i ; \\ (\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - (g_i - \Delta_i)) / \Delta_i & \text{si } g_i - \Delta_i \leq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq g_i ; \\ (g_i + \Delta_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j) / \Delta_i & \text{si } g_i \leq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq g_i + \Delta_i ; \\ 0 & \text{si } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq g_i + \Delta_i \end{cases}$$

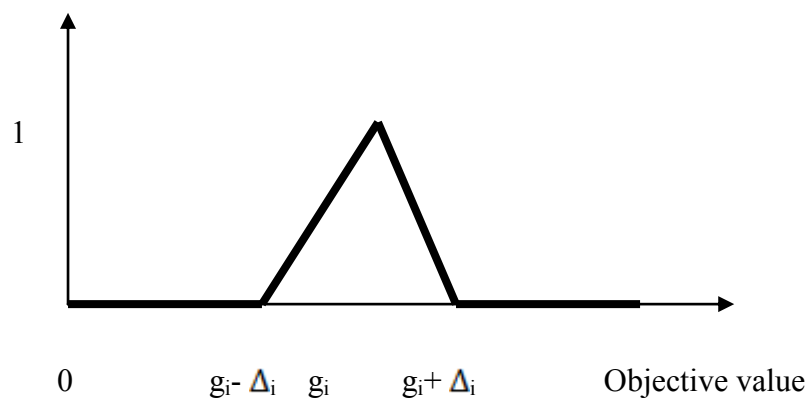
« membership function »

Cette fonction peut être représentée comme suit [Martel et Belaid, 1998,p129-131]

Figure 5 : Fonction d'appartenance linéaire

Fonction d'appartenance

membership function



III.1.2.5 . Le GP avec intervalles (The GP model with intervals) :

C'est grâce à Chernes et Cooper [1975] qu'on a pu exprimer les objectifs par des intervalles .Donc cette variante prend la forme algébrique de Inuiguchi et Kume [1991] où les paramètres techniques, les objectifs sont déterminés par des intervalles donc :

L'objectif g_i aura deux bornes l'une supérieure g_i^u et l'autre inférieure g_i^L , la formule sera comme suit (selon le programme NES-UPP) :

$$\text{Min } Z = \lambda \sum_{i=1}^p w_i \mu_i + (1-\lambda) \mu^u$$

$$\text{Sujet à : } \sum_{j=1}^n a_{ij}^u x_j + \delta_i^{u-} - \delta_i^{u+} = g_i^u ;$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}^L x_j + \delta_i^{L-} - \delta_i^{L+} = g_i^L ;$$

$Cx \leq c$; (contraintes du système)

$$\delta_i^{u-} + \delta_i^{u+} \leq \mu_i ;$$

$$\delta_i^{L-} + \delta_i^{L+} \leq \mu_i ;$$

$$\mu_i \leq \mu^u$$

III.1.3.Critiques et limites du GP :

Le Goal Programming a l'avantage d'aborder des problèmes sous l'angle de satisfaction d'objectifs. Par ailleurs, le GP s'avère utile pour modéliser des problèmes qui n'ont pas de solution optimale (à cause de la non satisfaction d'une contrainte par exemple). Pour ce faire , on demande au décideur d'explicitier ses souhaits , puis on propose un modèle GP qui permet de choisir l'action qui se rapproche le plus de ces souhaits .La formulation d'un problème sous un modèle de GP n'a rien d'exceptionnel par rapport à un modèle mathématique .La différence entre les deux approches de modélisation est surtout philosophique : dans un modèle mathématique , on cherche une solution optimale (philosophie d'optimisation) , alors que dans un modèle GP , on cherche à satisfaire des objectifs (philosophie de satisfaction) . Le GP dans sa forme standard peut générer des solutions non « performantes » dans le cas où les objectifs sur les critères sont fixés de façon pessimiste [Hammami, 2003, p 57-58], donc les différentes formulations du GP peuvent être qualifiées d'outil d'aide multicritère à la décision comme l'a fait B.Roy [1987].

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

Aussi la difficulté (pour le décideur) de la détermination des buts pour chaque objectif, l'imprécision entourant ces valeurs ainsi que le phénomène des solutions dominées. Et c'est même la caractéristique principale des modèles du GP : l'incommensurabilité des échelles de mesure associées à chaque objectif comme le caractère conflictuel de ces derniers, qui constitue sa difficulté principale. [Zeleny 1981, et Hannan 1985]

Les formulations du GPF et GPI n'intègrent pas réellement les préférences du décideur et même qu'il est quasi absent durant les différents stades du processus décisionnel.

De plus les formulations « NES-UPP » du GPI et celles du GPF favorisent les valeurs centrales des déviations associées aux buts g_i qui sont de nature imprécise, donc considérer que la forme des fonctions d'appartenance est symétrique revient, en effet, à dire que le décideur a une préférence stricte pour les valeurs centrales des buts et ça c'est difficile à justifier.

On lui (GP) associe aussi d'autres critique tel que : le fait que le décideur doit spécifier les objectifs et les priorités a priori ; Il (GP) ne donne pas une approche systématique pour déterminer les priorités et définir les arbitrages entre les différents objectifs, aussi la détermination du poids des critères est réalisée à partir d'un seul niveau, et l'idée de l'explosion de la hiérarchie en plusieurs veaux n'a pas été réalisée. [Schniederja 1995 et Romero 1991]

III.2.Programmation par compromis (Compromise Programming)

Le compromise programming (CP) s'articule autour d'une optique de minimisation des écarts par rapport à la solution idéale tout en procédant à une articulation a-priori des préférences (α_j). [Hammami 2003, p 58].

Cette méthode a été utilisée dans le domaine d'ordonnancement pour trouver la meilleure séquence d'ordonnancement de n tâches sur m machines, cette séquence est qualifiée de solution du meilleur compromis, par Belaid et al [2000].

Sa formule algébrique est la suivante :

$$\text{Min}_{x \in A} \left[\sum_{i=1}^p \alpha_i^R [g_i(x^*) - g_i(x)]^R \right]^{1/R}$$
$$g_i(x^*) - g_i(x^*)$$

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

Où : $g_i(x^*)$: est l'évaluation de la meilleure des solutions sur le critère i .

$g_i(x_*)$: est l'évaluation de la pire des solutions sur le critère i .

Malgré la facilité de la formulation de la fonction d'objectif du CP (qui n'exige pas de normalisation des évaluations), la résolution du modèle peut être beaucoup plus difficile dans le cas où on dispose d'un ensemble de contraintes à respecter, c'est pourquoi les valeurs attribuées à r sont souvent 1 ou 2. Le défaut du CP c'est qu'il propose une action médiocre si toutes les actions ne sont pas bonnes en plus l'articulation des préférences est exigée à-priori.

III.3. La méthode du critère global : [Vincke 1989]

Le fondement de cette méthode est le critère global qui n'est d'autre que celui de la solution idéale, c'est-à-dire minimiser les écarts par rapport à la solution idéale sans procéder à une articulation à-priori des préférences.

$$\text{Min}_{x \in A} \sum_{i=1}^P \left[\frac{g_i(x^*) - g_i(x)}{g_i(x^*)} \right]^R$$

Où : $g_i(x^*)$: est l'évaluation de la meilleure des solutions sur le critère i .

N.B : Si r est un entier pair, alors le décideur est indifférent par rapport aux écarts positifs et négatifs, sinon il est sensible à ces écarts.

Cette méthode n'exige pas une articulation des préférences à-priori, mais elle génère aussi une solution médiocre si toutes les actions ne sont pas bonnes tout comme le CP.

III.4. Méthode des contraintes- ϵ : (ϵ -Constraint Method)

L'idée ici est de réduire les différents objectifs du problème à un seul objectif, donc passer de l'optimisation multi-objectifs à l'optimisation mono-objectifs comportant des contraintes supplémentaires, donc le mono-objectif résultant n'est autre qu'un objectif choisi (parmi les autres objectifs) à optimiser prioritairement, et les autres objectifs sont transformés en contraintes, tout en choisissant un vecteur de contraintes ϵ_i , pour $i = 1, 2, \dots, n$ à respecter par les autres objectifs [Hammami, 2003, p61] :

$$\text{Min}_{x \in A} g_1(x)$$

$$\text{Sujet à : } C_l(x) \leq 0 \quad l = 1, 2, \dots, q$$

$$g_i(x) \leq \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$\varepsilon_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

Où : $g_1(x)$ est l'objectif choisit à optimiser prioritairement.

Selon [Collette et al. 2002] le principal inconvénient dans cette méthode est l'exigence de calcul en matière de temps (beaucoup de temps) s'il ya un nombre important de contraintes.

III.5.La programmation mathématique à objectifs multiples (PMOM):

Pour cette méthode toute fonction économique est considérée comme un critère possédant un optimum qui ne sera –en général- pas celui des autres fonctions .Donc pas de solution optimale car ce qui est optimale selon un critère ne l'est pas pour les autres, et la solution serait satisfaisante en se basant sur un compromis. [Hammami,2003 ,p62-65]

$$\text{Optimiser}_x \quad \underline{g}(x)$$

$$C_l(x) \leq 0 \quad l = 1, 2, \dots, q$$

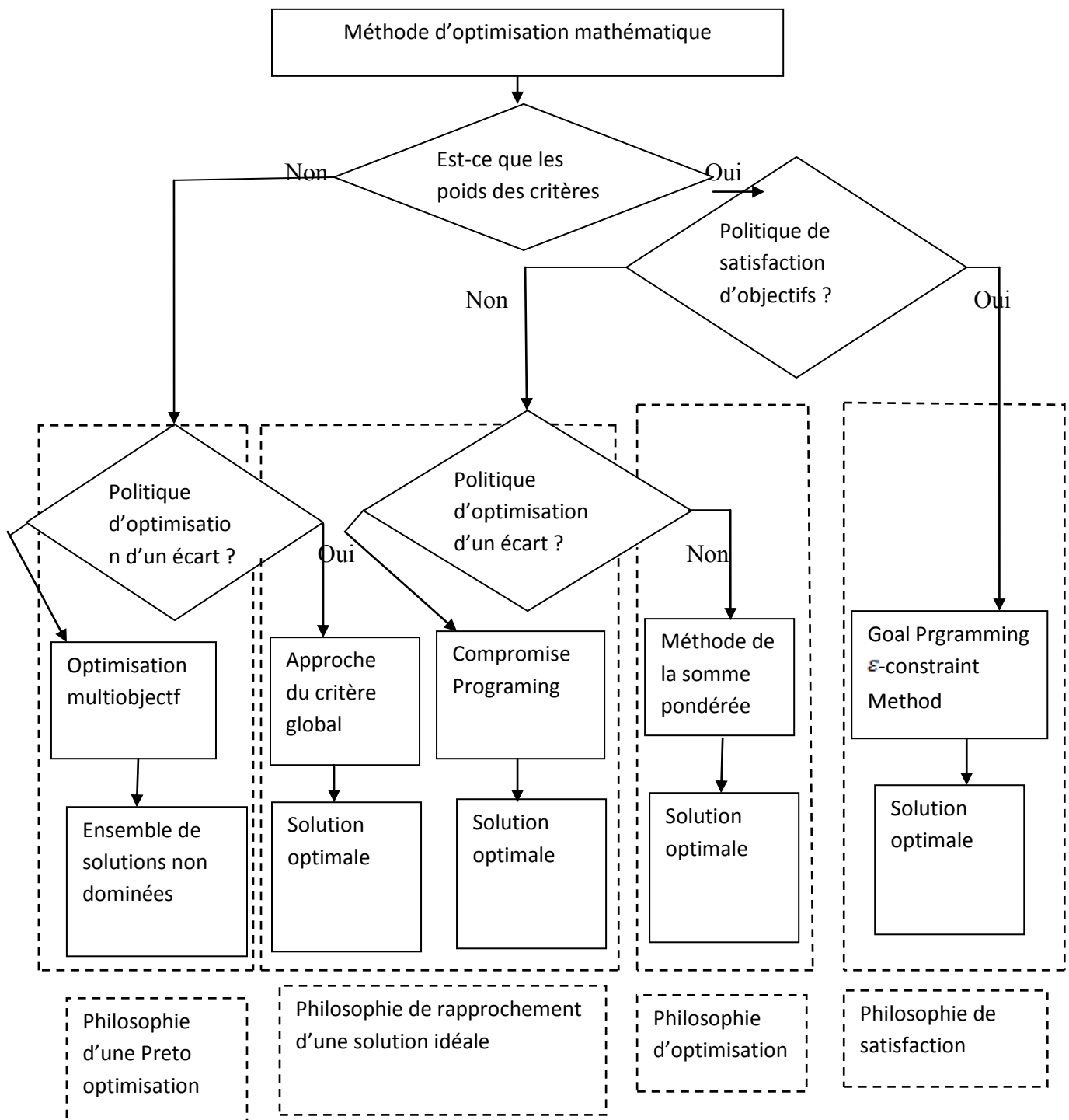
$$\text{Sujet à : } \quad \underline{g} = \{ g_1, g_2, \dots, g_n \}$$

Pour résoudre un problème de PMOM on applique en premier lieu le principe de dominance pour réduire l'ensemble A à l'ensemble des actions efficaces appelé S , ensuite on introduit les préférences du décideur pour réduire S à un ensemble plus restreint et , éventuellement , à une seule solution .

Pour conclure et dans le cas où les solutions ne sont pas définies a priori, Hammami (2003,p66-67) nous propose une procédure de choix d'une méthode d'optimisation mathématique.

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

Figure 6 : Procédure de choix d'une méthode d'optimisation mathématique :



Source : Hammami 2003. Op.cit, p66-67

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons exposé quelques méthodes d'optimisation mathématique, ces méthodes sont utilisées couramment pour résoudre la problématique de sélection, cette est le plus souvent formalisée sous la forme d'une ou de plusieurs fonctions objectifs et d'un ensemble de contraintes à respecter. L'exploitation des ces méthodes se fait en deux étapes :

- ✚ Etape de modélisation : consiste à formaliser le problème étudié en un modèle d'optimisation.
- ✚ Etape de résolution : consiste à résoudre le modèle proposé.

Chapitre IV : Les méthodes d'aide à la décision multicritère (MADMC) :

Introduction :

Durant les deux dernières décennies, la modélisation multicritère a suscité un intérêt considérable et a connu un essor remarquable et c'est ce que reflète le grand nombre et la qualité des publications traitant du sujet, qu'il s'agisse de volume, d'article dans des revues scientifique ou de comptes rendus de congrès [Pomerol et Barbara Romero ,1993]. Les différentes méthodes développées visent à fournir au décideur une solution satisfaisante en prenant compte de tous les critères en les agrégeant afin de sélectionner une ou plusieurs « action », et c'est la façon dont ce fait l'agrégation qui fait la distinction entre trois grandes familles de méthodes multicritères [Vincke , 1989 ; Sharlig,1985] :

- La théorie de l'utilité multiattribut (MAUT).
- Les méthodes de surclassement .
- Les méthodes interactives.

Selon Maystre et al.[1994] il serait plus judicieux de parler de méthodes d'agrégation respectivement complètes , partielle et locale donc trois approches opérationnelles peuvent être distinguées:

- Approche du critère unique de synthèse, évacuant toute incomparabilité (agrégation complète transitive).
- Approche du surclassement de synthèse, acceptant l'incomparabilité (agrégation partielle).
- Approche du jugement local interactif avec itérations essai-erreur (agrégation locale et itérative).

IV.1. Les méthodes de l'approche du critère unique de synthèse :

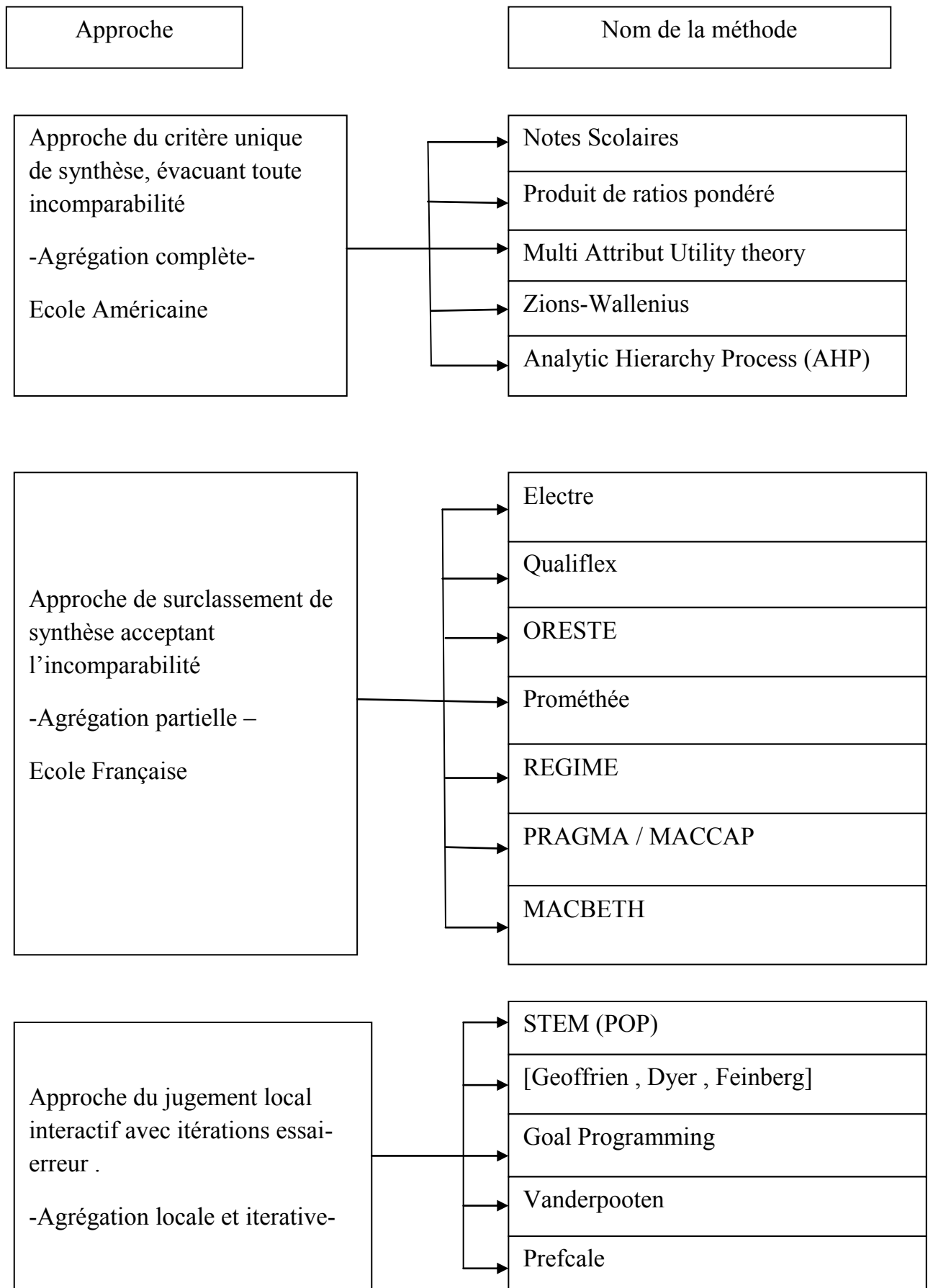
IV.1.1. Fondement:

Cette famille de méthodes, inaugurée par Jaquet-Lagrèze et Siskos (1982), s'apparente par certains aspects à la théorie de l'utilité multiattribut et par d'autres aspects aux méthodes interactives. Ainsi, elle était auparavant présentée comme appartenant à la théorie de l'utilité multiattribut par certains auteurs et aux méthodes de régression, la régression multiple a pour objectif de détecter, d'identifier ou de capter la politique de jugement d'un décideur (désagrégation des préférences). Celle-ci tout en étant sous-jacente a des décisions antérieures

est aussi l'expression d'une préférence globale. L'approche par régression multiple peut paraître assez proche de la théorie de l'utilité multiattribut puisqu'elle fait appel à la notion de fonction d'utilité. Cependant, elle s'en distingue radicalement par l'usage qui en fait. Dans la théorie de l'utilité multiattribut, on suppose que la fonction d'utilité est connue et on en déduit un pré-ordre. On va donc de la fonction d'utilité vers un pré-ordre, et on parle de procédure d'agrégation des préférences. Dans l'approche de la désagrégation des références, le lien de causalité est inverse, on part du pré-ordre pour aller vers une fonction d'utilité. La fonction d'utilité est inconnue, le problème est d'estimer, en général de manière interactive, une fonction d'utilité qui doit être la plus proche possible d'un pré-ordre initial observé. La philosophie de l'approche de désagrégation des préférences est donc différente de celle de la théorie de l'utilité espérée. Dans la seconde, la fonction d'utilité se substitue au système de préférence du décideur, puisque dans la première elle est simplement un outil mathématique destiné à représenter un pré-ordre. (C. Zopounidis et C. Hurson 1997).

Figure 7 : Approches opérationnelles et méthodes :

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :



Source : Maystre et al 1994 ,op.cit.

La première approche est d'inspiration américaine, la deuxième est d'inspiration française et la troisième va dans le sens de la PMOM. [J. M. Martel, 1999]

Appelées aussi méthodes d'agrégation complète transitive [Ben Mana. S, 2000], les méthodes de l'approche du critère unique de synthèse peuvent s'avérer intéressantes ou tout simplement les seules utilisables [Scharlig, 1985]. On entend par procédure d'agrégation multicritère une règle permettant d'établir, sur la base du tableau des performances et d'informations inter-critères, un ou plusieurs systèmes relationnels de préférences sur l'ensemble A des actions (et, éventuellement, sur l'ensemble des mutations $A \times A$) [Roy et Bouysou, 1993 ; p159].

IV . 1 . 2. Panorama des méthodes :

IV.1.2.1 La méthode SMART : Simple Multi-Attribute Rating Technique [Edwards , 1971]

Pour se faire il faut en premier lieu classer les critères selon un ordre décroissant de l'importance, puis déterminer le poids de chaque critère (donc l'utilisation la forme additive pour l'agrégation des évaluations sur les différents critères), ensuite normaliser les coefficients d'importance relative entre 0 et 1 (en faisant la somme des coefficients d'importance et divisant chaque poids par cette somme), mesurer la localisation de chaque action sur chaque critère [$u_j (a_i)$] (les évaluations des actions se font sur une échelle variant de 0 minimum plausible à 100 maximum plausible), après faudra déterminer la valeur de chaque action selon la somme pondérée suivante :

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n \pi_j u_j (a_i) ; i = 1,2,3,\dots,m$$

Pour finir classer les actions selon l'ordre décroissant de $u(a_i)$.

IV.1.2.2. La méthode MAUT : Multiple Attribute Utility Theory [Keeney et Raifa , 1976] :

a - Fondement et principe de la théorie l'utilité multiattribut

La théorie de l'utilité multi-attribut part ainsi de l'hypothèse selon laquelle le raisonnement du décideur peut s'assimiler à la maximisation d'une fonction d'utilité. La

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

différence est que la fonction d'utilité n'est plus maximisée sur un seul critère, mais sur plusieurs critères. Les méthodes appartenant à cette approche consistent donc en l'agrégation des différents critères en une seule fonction représentative des préférences du décideur. La structure de préférence sous-jacente est un pré-ordre ou un ordre total. Par conséquent, l'incomparabilité n'est pas admise (ou assimilée à l'indifférence), et le décideur est supposé capable de percevoir la plus petite différence de valeur sur les critères. Une fonction d'utilité définit un pré-ordre sur l'ensemble de décisions. Ce résultat qui correspond à une problématique de rangement est le plus riche que l'on puisse obtenir en aide à la décision, les problématiques de choix et de tri s'en déduisent de manière naturelle. Cette fonction d'utilité est supposée préexister de manière implicite. L'essence du problème est donc de la découvrir, c'est-à-dire de l'estimer, à partir d'une information concernant les préférences du décideur. La plus grande partie de la théorie de l'utilité se développe alors en deux phases : Dans la première phase, des hypothèses sur les préférences du décideur sont faites, et des restrictions sur la forme de la fonction d'utilité en sont dérivées. Ces hypothèses, qui concernent l'indépendance des critères, doivent être vérifiées. La forme la plus utilisée est la forme additive : $\sum \lambda_i u_i$ qui est le poids du critère i et u_i sa fonction d'utilité partielle; Dans la deuxième phase, une information concernant ces préférences est demandée au décideur, cette information permettra l'estimation de la fonction d'utilité. [C. Zopounidis et C. Hurson 1997]

Introduite par Keeney et Raifa [1976], cette méthode repose sur l'idée d'affectation d'un niveau d'utilité à la performance d'une action potentielle sur un critère (cette utilité au sens de Von Neuman Morgenstern reposant sur une prise en compte probabiliste de la mauvaise connaissance et reflétant l'attitude face au risque.[Sebastien Damart , Abert David et Bernard Roy ,2001,38-44].

Il est clair que l'existence d'une fonction d'utilité est une hypothèse capitale, elle permet de substituer un problème bien posé à un problème initialement ne l'était pas. De nombreuses fonctions d'utilité, ayant tantôt un sens économique tantôt un sens mathématique, ont été proposées effectuées pour savoir quelles sont les propriétés que doivent posséder les préférences du décideur pour impliquer l'existence de telles fonctions et éventuellement pour les construire. [Nadeau et Landry,1986,183-212].

Cette méthode a été largement sollicitée nous citons à titre d'exemple l'extension de la MAUT qui fut utilisée pour les négociations entre Etats des Etats-Unis pour choisir la politique à adopter pour le problème des pluies acides [Anandalingam ,1987], aussi Lathrop et

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

Watson [1982] révèlent un autre domaine d'application de la MAUT c'était la gestion de déchets nucléaires.

La méthode MAUT s'applique alors dans un contexte caractérisé par un ensemble d'actions explicite (fini), une articulation a priori des préférences, et un univers incertain (les évaluations des actions par rapport à chaque attribut sont incertaines).

La fonction d'utilité U_i associée au critère g_i sera comme suit :

$$U(a) = \sum_{i=1}^P U_i(g_i(a))$$

Ya trois méthodes pour construire une fonction U_i :

- **Méthode I :**

Demander au décideur de déterminer l'état z_j qu'il considère entre x_j et y_j :

$$\left\{ \begin{array}{l} U(z_j) = \frac{1}{2} [U(x_j) + U(y_j)] \\ U(v_j) = \frac{1}{2} [U(x_j) + U(z_j)] \\ U(w_j) = \frac{1}{2} [U(z_j) + U(y_j)] \\ \dots \end{array} \right.$$

- **Méthode II :** Demander au décideur de déterminer l'état z_j tel qu'il considère comme équivalent :

- D'obtenir z_j
- D'obtenir x_j avec une probabilité $\frac{1}{2}$ et y_j avec une probabilité $\frac{1}{2}$

On en déduit :

$$U_j(z_j) = \frac{1}{2} U_j(x_j) + \frac{1}{2} U_j(y_j)$$

On continue ensuite avec (x_j, z_j) , avec $(z_j, y_j), \dots$

- **Méthode III :** Demander au décideur, toujours, de déterminer l'état z_j tel qu'il considère comme équivalent :

- D'obtenir $z_j(p)$
- D'obtenir x_j avec une probabilité p et y_j avec une probabilité $1-p$ et ce pour différentes valeur de p .

On en déduit $U_j(z_j) = p U_j(x_j) + (1-p) U_j(y_j)$, $\forall p$

On continue ensuite avec (x_j, z_j) , avec $(z_j, y_j), \dots$

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

En supposant l'existence de la fonction MAUT, sa théorie postule la complète comparabilité transitive. De ce fait, la structure relationnelle de préférence qu'elle définit sur l'ensemble des actions A est un pré ordre complet.

On peut écrire :

$$\forall a, b \in A \quad U[g(a)] \geq U[g(b)] \Leftrightarrow a \succ b$$

Où : S: la relation caractéristique de la structure de préférence.

Il en découle que le critère de synthèse U est un vrai critère. Par conséquent, toute situation éventuelle d'incomparabilité est exclue et la transitivité des relations de préférence est assurée.

En pratique, la multiplicité des objectifs du décideur conduit à décrire les conséquences possibles grâce à divers attributs, c'est-à-dire que l'ensemble des conséquences est un espace multidimensionnel. Ainsi le décideur désirant acheter une voiture peut avoir comme ensemble de choix $X = \{\text{Opel Corsa, Renault Clio, Peugeot 2006}\}$, mais si ses critères de choix sont (les attributs) sont, pour simplifier, la cylindrée, la marque et le prix, on peut aussi exprimer l'ensemble X sous la forme $X = \{(1.21 ; \text{Opel} ; 11400\text{€}), (1.21 ; \text{Renault}, 11150\text{€}), (1.11 ; \text{Peugeot} ; 11600\text{€})\}$ [Denis Bouyssou, Didier Dubois, Marc Pirlot, Henri Prade ; 2006 ; 25-59].

La signification des attributs est différente, selon le domaine d'application par exemple [Bleichrodt, 1996] :

- dans la théorie du consommateur, les attributs représentent des biens de consommation, et, pour $x, y \in X$, $x \succeq y$ signifie que le consommateur pense que le panier de biens x est au moins aussi bon que le panier y ;
- dans la théorie du producteur, $x \in X$ est un vecteur d'inputs et $x \succeq y$ signifie que x fournit au moins autant d'outputs que y. La fonction d'utilité est alors appelée fonction de production.
- dans la théorie du choix social, x est une allocation, ou une situation sociale, chaque attribut représente la richesse d'un agent, ou d'un joueur, et $x \succeq y$ signifie que la richesse du groupe x est supérieure à celle du groupe y ;

Cette fonction d'utilité peut prendre plusieurs formes analytiques, les plus fréquemment utilisées sont : les formes additive et multiplicative.

b- Les formes de la fonction d'utilité :

✚ **La forme additive Lagrèze et Siskos,1982:** Nous cherchons à estimer la fonction d'utilité (ayant une forme additive) en s'approchant le plus possible des jugements portés par le décideur sur le sous-ensemble d'actions A' ($A' \subset A$). Donc on s sélectionne le A' et on demande au décideur de [Hammami,2003 ;83] :

- ✓ Classer les actions de A' .
- ✓ Donner les critères significatifs $1,2,3,\dots,j,n$.
- ✓ Donner les évaluations des actions de A' par rapport aux critères $1,2,\dots,j,n$ (matrice des jugements).

Ensuite sera autour de la régression ordinale, c'est une étape d'ajustement consistant à déterminer la fonction d'utilité totale qui colle le mieux avec les données (classement des actions de la matrice des jugements).

La fonction d'utilité obtenue peut être considérée comme une estimation, à un terme d'erreur près, de la vraie fonction d'utilité :

$$U(a_i) = \sum_{j=1}^n \mu'_j(e_{ij}) + \sigma(a_i) \quad \dots (1)$$

Où :

$\mu'_j(e_{ij})$ désigne l'utilité de l'action a_i sur le critère j

$\sigma(a_i)$ désigne l'erreur associée à l'estimation de $\mu_j(a_i)$.

L'adoption de la forme additive suppose la réalisation de certain nombre de condition [Udisubakti Ciptomulyono, 2000, 77-78] :

- que les préférences relatives à chaque critère ainsi que la préférence globale constituent des structures de préordre total.
- que les critères soient indépendants au sens des préférences (la contribution partielle U_j de chacun des critères g_j à l'utilité soit indépendante des valeurs que prennent les autres critères.

Cette méthode s'applique en étape comme suit [Hammami, 2003 ,84-85] :

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

1. Déterminer les évaluations extrêmes e_j^* et e_{j*} et écrire les valeurs des actions de A' selon l'expression précédente (1).
2. Ecrire la contrainte de normalisation des poids des critères $\sum_{j=1}^n \mu'_j(e_j^*) = 1$.
3. Diviser pour chaque critère j , l'intervalle $[e_j^*, e_{j*}]$ en α_j intervalles notés $[e_j^l, e_j^{l+1}]$ avec $e_j^l = e_{j*} + [(l-1)/\alpha_j](e_j^* - e_{j*})$; $l = 1, 2, \dots, \alpha_j$
4. Appliquer la transformation ci-après :
 $\mu'_j(e_j^{l+1}) - \mu'_j(e_j^l) > 0, \forall j, l$ où $[e_j^l, e_j^{l+1}]$ est un intervalle de valeur de g_j .
 (les fonctions d'utilité partielle sont monotones).
5. Déterminer les valeurs $\mu'_j(e_j^l)$ en effectuant des interpolations linéaires entre ces points : si $z_j \in [e_j^l, e_j^{l+1}]$, on aura

$$\mu'_j(z_j) = \mu'_j(e_j^l) + [(z_j - e_j^l)/(e_j^{l+1} - e_j^l)] [\mu'_j(e_j^{l+1}) - \mu'_j(e_j^l)]$$
6. Formuler le problème sous la forme d'un programme linéaire en se basant sur l'ensemble A' .

$$\text{Min } \sum_{a_j \in A'} \sigma(a_j)$$

$$a_j \in A'$$

$$\sum \mu'_j(e_j^*) = 1 \text{ (pondération des critères)}$$

$$\mu'_j(e_j^{l+1}) - \mu'_j(e_j^l) > 0, \forall j, \forall l$$

$$\sum_{j=1}^n [\mu'_j(e_{ij}) - \mu'_j(e_{kj}) + \sigma(a_i) - \sigma(a_k)] > 0 \text{ si } a_i P a_k, (a_i, a_k) \in A' \times A'$$

Sujet à :

$$\sum_{j=1}^n [\mu'_j(e_{ij}) - \mu'_j(e_{kj}) + \sigma(a_i) - \sigma(a_k)] > 0 \text{ si } a_i I a_k, (a_i, a_k) \in A' \times A'$$

$$\mu'_j(e_{j*}) = 0, \forall j, \text{ avec } e_{j*} \text{ est la pire valeur sur le critère } j$$

$$\mu'_j(e_j^l) \geq 0, \sigma(a_i) \geq 0, \forall j, \forall l, i = 1, 2, \dots, p$$

7. Résoudre le programme linéaire et appliquer la fonction 'utilité obtenue à l'ensemble des actions de A .

 **La forme multiplicative:**

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

Cette forme concerne le cas où le critère unique de synthèse $g(a)$ s'écrit sous la forme suivante [B.Roy et D.Bouyssou, 1993, 221-233] :

$$g(a) = \left[\prod_{i=1}^{\pi} (1+k \cdot k_i \cdot g_i(a)) - 1 \right] \frac{1}{k}$$

$$k > -1, k \neq 0, k_i > 0, \sum_{i=1}^{\pi} k_i \neq 1$$

Où : g_i : sont des critères définis comme l'espérance mathématique de fonction d'utilité partielles μ_i .

La forme de la fonction d'utilité :

$$\mu(e_1, e_2, \dots, e_{\pi}) = \left[\prod_{i=1}^{\pi} (1+k \cdot k_i \cdot \mu_i(e_i)) - 1 \right] \frac{1}{k}$$

Si $\sum_{i=1}^{\pi} k_i \neq 1$

avec $k_i \in [0,1]$, $\mu_i(e_i^*) = 1$, $\mu(e_i^*) = 0$

$\mu(e_1^*, e_2^*, \dots, e_{\pi}^*) = 1$, $\mu(e_{1^*}, e_{2^*}, \dots, e_{\pi^*}) = 0$,

$k > -1$ et $k \neq 0$ solution de l'équation

$$1+k = \prod_{i=1}^{\pi} (1+k \cdot k_i)$$

Les fonctions d'utilité on été utilisées pour interpréter les différentes variantes du goal programming, Tamiz et Jones[1995, 41-48] on réparti la fonction d'utilité en quatre types de changement de préférence de base [Mehrdad Tamiz, Dylan Jones, Carlos Romero, 1998, 569-581] :

- 1- Croissance en préférence.
- 2- Décroissance en préférence.
- 3- Discontinuité en préférence.
- 4- Préférence non-linéaire.

IV.1..2.3. La méthode MAVT : Multiple Attribute Value Theory [Keeney et Raifa, 1976]

Les valeurs affectées par la MAVT ne sont pas des utilités mais des valeurs prises sur une échelle commune à l'ensemble des évaluations des actions potentielles sur chacun des critères agrégés [Fishburn 1970]. Par exemple nous citons la méthode VISA qui mobilise une telle procédure –Pictet et Belton [2001]. Ainsi l'idée clé de la méthodes MAVT serai que chaque décideur essaie inconsciemment (ou implicitement) de maximiser une fonction $V = V[g_1, \dots, g_n]$ qui agrège tous les attributs, cette idée confère la possibilité de construire une fonction de valeur partielle pour chaque attribut. La meilleur action sur un attribut bénéficiera d'une valeur partielle égale à 1 (par rapport à l'attribut étudié) sinon 0 (

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

zéro). Ainsi pour construire cette fonction de valeur partielle nous posant des questions au décideur, pour qu'on puisse ensuite aboutir à la fonction de valeur V et ce en fonction des caractéristiques des préférences du décideur. Son domaine d'application (MAVT) est celui d'un contexte caractérisé par un ensemble d'actions explicite, une articulation a priori des préférences et un univers déterministe. Cette méthode s'applique comme suit :

1. Evaluer chacune des actions selon chaque critère (construire la matrice de décision : **tableau 4** multicritère)

	g_1	g_j	g_n
a_1	..	..	..
a_i	..	$g_j(a_i)$	..
a_m	..	..	..
	$V_1(g_1)$	..	$V_n(g_n)$

2. Construire des fonctions de valeur partielle pour chaque critère (traduire le tableau multicritère en utilisant les valeurs). Une synthèse de plusieurs méthodes de construction des fonctions de valeur partielle a été présentée dans Farquhar [1984] :

	$V_1(g_1)$..	$V_j(g_j)$	..	$V_n(g_n)$
a_1
a_i	$V_j(g_j(a_i))$	..	..
a_m

3. Etablir les poids des critères.
4. Calculer l'évaluation globale pour chaque action en utilisant une forme d'agrégation appropriée.

$$V[g_1(a_i), \dots, g_n(a_i)] = f \left\{ v_1[g_1(a_i)], \dots, v_n[g_n(a_i)] \right\}$$

On peut décomposer cette fonction en une forme additive(à titre d'exemple)

$$V[g_1(a_i) , \dots, g_n(a_i)] = \sum_{j=1}^n \pi_j v_j [g_j(a_i)]$$

5. Déterminer la meilleure action qui maximise V.
6. Effectuer des analyses de sensibilité.

IV.1.2.4. La méthode TOPSIS : Technique for Order by Similarity to Ideal Solution [Hwang et Yoon, 1981] :

Consistant à choisir une solution qui se rapproche le plus de la solution idéale (meilleure sur tous les critères) et à s'éloigner le plus possible de la solution considérée médiocre, cette méthode s'effectue sur des étapes comme suit :

1. Normaliser les performances :

$$E^{\setminus} = \left[e^{\setminus}_{ij} = \frac{g_j(a_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [g_j(a_i)]^2}} \right] ; i=1, 2, \dots, m; \text{ et } j=1, 2, \dots, n$$

2. Calculer le produit des performances normalisées par les coefficients d'importance relative des attributs :

$$e^{\setminus\setminus}_{ij} = \pi_j \cdot e^{\setminus}_{ij} , i=1, 2, \dots, m; \text{ et } j=1, 2, \dots, n$$

3. Déterminer les profils idéals (a^*) et anti-idéal (a_*) :

$$a^* = \{ \text{Max}_i e^{\setminus\setminus}_{ij} , i=1, 2, \dots, m; \text{ et } j=1, 2, \dots, n \}$$

$$; e^*_{j} = \text{Max}_i \{ e^{\setminus\setminus}_{ij} \}$$

$$a_* = \{ e^*_{j} , j=1, 2, \dots, n \} = \{ e^*_{1} , e^*_{2} , \dots, e^*_{n} \}$$

$$a_* = \{ \text{Min}_i e^{\setminus\setminus}_{ij} , i=1, 2, \dots, m; \text{ et } j=1, 2, \dots, n \}$$

$$; e_{*j} = \text{Min}_i \{ e^{\setminus\setminus}_{ij} \}$$

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

$$a^* = \{ e_{*j}, j=1, 2, \dots, n \} = \{ e_{*1}, e_{*2}, \dots, e_{*n} \}$$

4 . Calculer la distance euclidienne par rapport aux profils a^* et a_* :

$$D_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (e_{ij}^{\parallel} - e_j^*)^2}, \quad i=1, 2, \dots, m$$

$$D_{i*} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (e_{ij}^{\parallel} - e_{j*})^2}, \quad i=1, 2, \dots, m$$

5 . Calculer un coefficient de mesure du rapprochement au profil idéal :

$$C_i^* = D_{i*} / (D_{i*} + D_i^*), \quad i=1, 2, \dots, m \quad \text{avec } 0 \leq C_i^* \leq 1$$

6 . Ranger les actions en fonctions des valeurs décroissantes de C_i^* .

IV.1.2.5. La méthode AHP : Analytic Hierarchy Process [Saaty 1980] La méthode d'analyse hiérarchique :

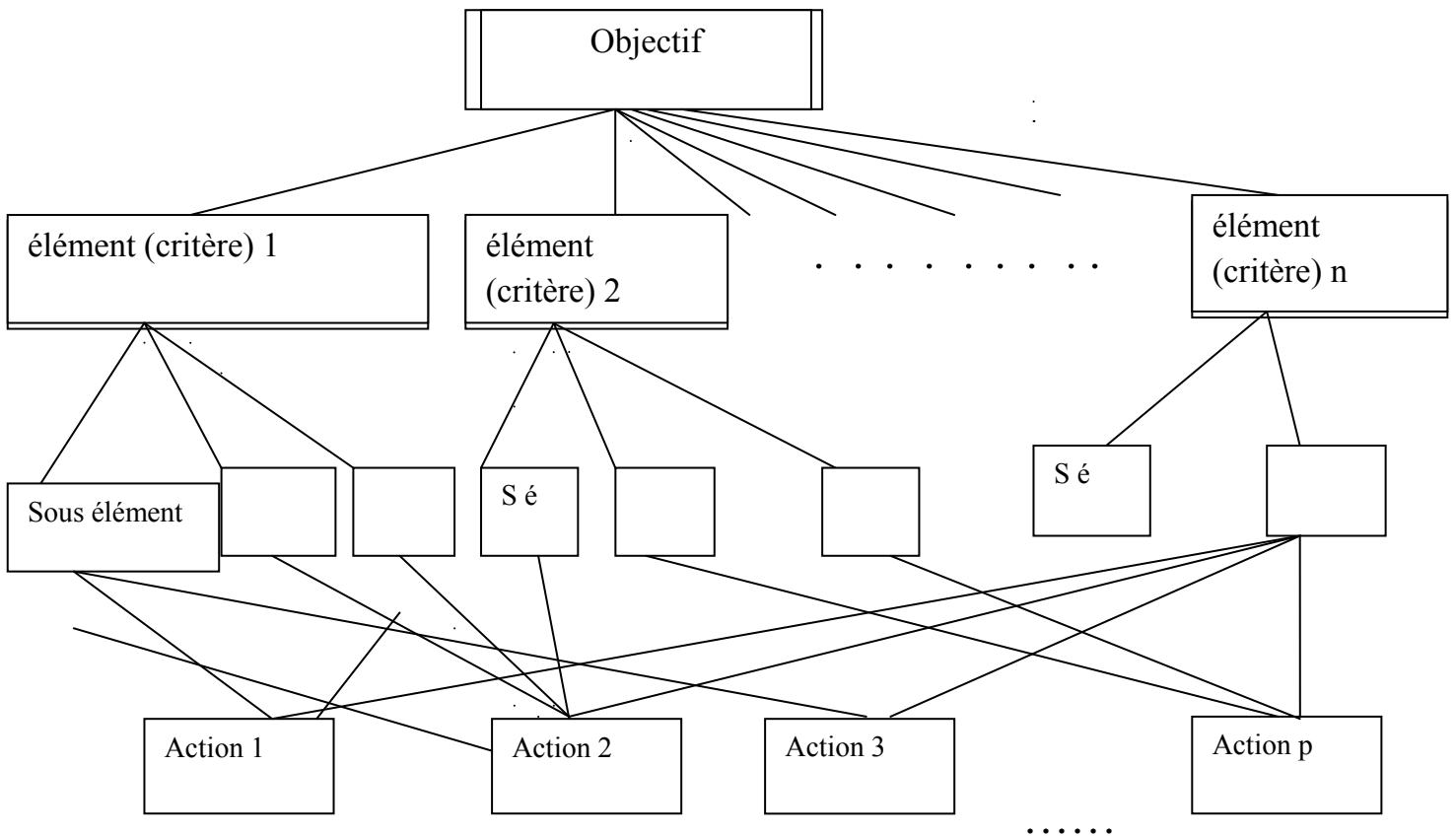
Dans la littérature de la prise en compte des jugements qualitatifs dans les modèles d'aide à la décision multicritère la AHP a reçue une attention particulière [Forman et Peniwati, 1998].

Cette méthode consiste à construire une hiérarchie dans laquelle chaque niveau est une décomposition du précédent (qui se fait par paire : binaire, on demande au décideur d'évaluer l'importance ou la priorité relative d'un élément de la hiérarchie par rapport à un autre appartenant au même niveau) puis à calculer la contribution des éléments d'un niveau aux éléments des niveaux supérieurs. Son développement est basé sur des jugements purement quantitatifs et jugements subjectifs qui permettent de comparer un élément de décision à un autre sur un critère qualitatif donné [Udisubakti.c, 2000, 84-98].

L'application de cette méthode se fait comme suit [Hammami,2003 , 86-92] :

1. La décomposition du problème en une hiérarchie d'éléments inter-reliés, construisant entre eux une pyramide, le sommet désignant l'objectif, la base les actions et entre ces deux les différents éléments (ou critères) construisant les niveaux et contribuant à atteindre cet objectif.

Figure 8 : Structure hiérarchique d'un problème selon l'AHP



Source :Hammami , 2003 , p86 avec modification

- Effectuer les comparaisons par paires des éléments de chaque niveau, ce qui permet de construire des matrices de comparaisons, les valeurs de cette dernières sont obtenues par la transformation des jugements en valeurs numérique selon l'échelle de Saaty (Echelle de comparaison binaires) tout en respectant le principe de réciprocité :

$$P_C(E_A, E_B) = 1 / (P_C(E_B, E_A))$$

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

Tableau 5 : Echelle des valeurs utilisées par Saaty

Echelle numérique ou Intensité (degré d'importance)	Echelle verbale ou définition	Commentaires
1	Importance égale des deux éléments	Les deux éléments contribuent de la même manière (même poids) à l'objectif
3	L'un des éléments est plus important que l'autre (faible importance)	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement un élément à l'autre
5	L'un des éléments est plus important que l'autre (forte importance)	L'expérience et l'appréciation favorisent fortement un élément à l'autre
7	L'un des éléments est beaucoup plus important que l'autre (importance attestée)	Un élément est largement dominant et cette dominance est attestée dans la pratique
9	L'un des éléments est absolument plus important que l'autre	La dominance de l'un par rapport à l'autre est démontrée et absolue
2,4,6,8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines	Utilisées pour affiner son appréciation (un compromis est nécessaire)
Réciprocité	Si l'élément i se voit attribuer l'un des chiffres précédents lorsqu'il est comparé à l'élément j , j aura donc la valeur inverse lorsqu'on le compare à i	

Source : Saaty 1984

A chaque nœud éclaté en n éléments, il faut réaliser $\frac{n(n-1)}{2}$ comparaisons par paires.

3. La détermination de l'importance relative des éléments en calculant les valeurs propres correspondants aux valeurs propres maximales des matrices de comparaisons.

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

4. Vérification de la cohérence des jugements :

- Calculer l'indice de la cohérence IC : selon la formule $IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ avec λ_{\max} est la valeur propre maximale correspondant à la matrice des comparaisons par paires et n : le nombre d'éléments comparés .
- Calculer le ratio de cohérence RC : $RC = \frac{IC}{ACI} \times 100$ avec ACI : l'indice de cohérence moyen en général aléatoirement des matrices de jugement de même taille.

Tableau 6: Indice de cohérence moyen

Dimension de la matrice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.14	1.45	1.49

Source : Hammami 2003, p88

Saaty[1984] recommande de vérifier que le ratio d'incohérence (RI) doit être inférieur ou égale à 10% sinon les comparaisons doivent être révisées .

5. Etablir la performance relative de chacune des actions

$$P_k(e_i^k) = \sum_{j=1}^{nk-1} P_{k-1}(e_i^{k-1}) \cdot P_k(e_i^k / e_i^{k-1}), \text{ avec } \sum_{j=1}^{nk} P_k(e_i^k) = 1$$

Où : nk-1 : le nombre d'éléments du niveau hiérarchique k-1

$P_k(e_i^k)$: la propriété accordée à l'élément e_i au niveau hiérarchique k.

IV.1.2.6. La méthode EVAMIX [Voogd, 1983] :

Cette méthode traite les évaluations ordinales et cardinales, comme suit :

1. Calculer les indices de dominance (de l'action i par rapport à l'action k) α_{ik} β_{ik} respectivement pour les attributs ordinaux(O) et cardinaux (C).

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

$$\alpha_{ik} = \sqrt[P]{\sum_{j \in O} [\pi_j \cdot v(e_{ij}, e_{kj})]^P}$$

$$\beta_{ik} = \sqrt[P]{\sum_{j \in C} [\pi_j \cdot v(e_{ij}, e_{kj})]^P}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } e_{ij} > e_{kj} \\ ; \text{ avec } v(e_{ij}, e_{kj}) = 0 \text{ si } e_{ij} \approx e_{kj} \\ -1 \text{ si } e_{ij} < e_{kj} \end{array} \right.$$

2. Normaliser les indices de la manière suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{ik} = (\alpha_{ik}) / (\sum_i \quad \sum_k \quad | \alpha_{ik}|) \\ \mu_{ik} = (\beta_{ik}) / (\sum_i \quad \sum_k \quad | \beta_{ik}|) \end{array} \right.$$

3. Calculer la dominance D_{ik} globale de l'action i par rapport à l'action k . C'est tout simplement la somme pondérée des indices de dominance normalisée.

$$D_{ik} = \delta_{ik} \sum_{j \in O} \pi_j + \mu_{ik} \sum_{j \in C} \pi_j$$

4. Calculer le score global par action :

$$D_i = \sum_{k=1; k \neq i}^n D_{ik}, \text{ où } n : \text{ est le nombre d'actions}$$

D_i : permet de ranger les actions.

IV.1.3. Discussion et critiques des méthodes de l'approche critère unique de synthèse :

[Hammami , 2003, 73]

- **La TOPSIS :** permet d'ordonner les actions, son grand apport est l'introduction des notions d'idéales et d'anti-idéales, facile à appliquer. En outre, elle est sensible à la volonté du décideur. Ses attributs doivent être de nature cardinale, les préférences sont fixées a priori. Par ailleurs, si toutes les actions sont mauvaises, la méthode propose la meilleure action parmi les mauvaises. Cette méthode est partiellement compensatoire.
- **La SMART :** Facile à exploiter, exige une articulation a-priori des préférences, exige une évaluation des actions sur une échelle unique, elle est compensatoire.
- **La MAVT :** Utilisée dans des problèmes d'aide à la décision, des problèmes d'économie, de finance et d'actuariat [Vincke 1989]. Elle est très exigeante du point de vue informationnel, la construction des fonctions de valeur n'est pas toujours une tâche évidente. Elle exige une articulation a-priori des préférences et une évaluation sur des échelles cardinales. L'exploitation de la forme additive n'est possible que

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

sous des hypothèses très restrictives du point de vue théorique [Pomerol et Romero, 1993], [Keeney et Raiffa 1976]. Cette méthode est partiellement compensatoire.

- **La MAUT :** Elle présente plusieurs avantages [Zeleny-1983 sinon 1982] :
 - permet de ranger toutes les actions possibles de la meilleure à la moins bonne, ce qui a le mérite de faciliter la prise de décision.
 - L'agrégation des critères en une fonction de valeur unique permet de substituer le problème multicritère par un problème mathématique bien posé : celui de l'optimisation d'une fonction.
 - En assurant la décomposition de la fonction d'utilité en fonction d'utilités partielles, la MAUT offre la possibilité de prendre en compte les différents groupes d'intérêt concernés par la décision : il suffit pour cela de traduire les objectifs respectifs de ces groupes en critères de décision.

Cependant, la MAUT a fait l'objet d'un certain nombre de critiques [Udisubakti Ciptomulyono, 2000, 78-79] :

- elle est très exigeante d'un point de vue informationnel.
- les fonctions d'utilités sont difficiles à concevoir.
- elle exige plusieurs vérifications telles que l'indépendance mutuelle au sens de l'utilité.
- la modélisation des préférences par la fonction d'utilité aboutit à écarter certaines attitudes coutumières et à extrapoler des préférences non explicitement révélées (l'articulation des préférences doit être faite a priori).
- En supposant l'existence de la fonction d'utilité, la MAUT retient comme système relationnel de préférence comportant les seules relations de préférence stricte et d'indifférence.
- L'évaluation des actions doit être faite sur des échelles cardinales (on utilise les loteries pour déterminer les fonctions de valeur).
- Pour bâtir complètement et directement une fonction qui agrège tous les critères, la méthode suppose qu'il y a compensation limitée des préférences. Or en pratique, cette même compensation s'effectue sous certaines conditions.
- Elle requiert énormément d'effort et de temps, aussi de la part de l'homme d'étude que du décideur.
- Cette méthode est peu flexible (analyse de sensibilité) et très éloignée de la structure du problème de décision [Bertrand Marseschal, sans année].

- **La UTA :**

- Elle ne cherche pas à fixer directement les fonctions d'utilité partielles.
- Ses fonctions d'utilité partielles découlent toutes à la fois de la préférence globale exprimée par le décideur (donc désagrégation de la fonction d'utilité totale en des utilités partielles).
- Elle exige des données cardiales.
- Une articulation des préférences a priori.
- Elle exige l'indépendance au sens des préférences.
- Elle est compensatoire.

- **La AHP :** Bien qu'elle soit très populaire et que sa modélisation du problème de décision par une structure hiérarchique et l'utilisation d'une échelle sémantique pour exprimer les préférences du décideur, sont ses points forts ; La AHP a fait l'objet de plusieurs critiques [Dyer 1990, 249-258] qui selon Harker et Vargas [1987, 269-273] :

- manque d'un fondement d'axiomatique.
- ambiguïté des questions auxquelles le décideur doit répondre.
- le principe de composition hiérarchique.
- l'inversion des rangs de classement.
- L'échelle numérique 1-9 a été pointé du doigt par certains auteurs [Holder, 1990, 123-129] car l'utilisation devrait avoir la liberté de choisir sa propre échelle.

Pour appuyer ses critiques Holder[1990] souleva le problème de la cohérence de la matrice des jugements (la cohérence parfaite ne pourra jamais se réaliser quelle que soit la bonne volonté du décideur).

A son tour l'aspect de l'inversion des rangs de classement a eu sa part, en effet, le classement d'alternatives obtenu par AHP peut être modifié par l'addition d'une nouvelle alternative ou le retrait d'une alternative existante [Saaty 1994a],[Holder 1990].

Dyer[1990] justifie cette modification du classement par la présence d'un problème plus profond relatif à l'aspect arbitraire des classements obtenus.

Quand-t-a Roper et Sharp [1990] reprochent à la méthode de ne pas avoir fourni de test statistique pour identifier la signification des résultats, et estiment que la procédure produit des marques qui ne peuvent pas être interprétées avec précision. L'AHP a fait l'objet de plusieurs extensions telles que la prise en compte de l'incertitude (AHP stochastique) et du flou (AHP flou) dans l'expression des jugements.

- **L'EVAMIX :**

- Facile à mettre en œuvre.
- Elle a l'avantage de traiter des évaluations ordinales et cardinales.
- Elle exige une articulation des préférences a-priori, et une structure de préférence de type $\{P,I\}$.
- Elle est partiellement compensatoire.

IV.2. Les méthodes de surclassement de synthèse, acceptant l'incomparabilité (L'agrégation partielle) :

IV.2.1. Fondement et principe Les méthodes de surclassement :

Les méthodes de surclassement reposent sur l'utilisation de la notion de relations de surclassement due à B. Roy. La quasi-totalité des méthodes de surclassement se déroulent en deux étapes. La première étape correspond à la construction d'une relation de surclassement entre les solutions. Dans la seconde étape, une procédure d'exploitation de la relation de surclassement, dépendante de la problématique choisie (choix, classement, tri) permet d'aboutir au résultat recherché. La grande majorité des méthodes de surclassement font appel aux notions de concordance et de discordance pour construire la relation de surclassement. L'indice de concordance pour un couple de solutions (a, b) exprime la force de l'affirmation a est au moins aussi bon que b, pour un critère particulier ou pour l'ensemble des critères.

L'indice de discordance pour un couple (a, b) exprime la force de l'opposition à cette affirmation. Il ne s'agit pas de définitions mathématiques précises et les concepts de concordance et de discordance peuvent et ont été formalisés de différentes manières. [C. Zopounidis et C. Hurson 1997].

Cette approche est d'inspiration française, visant dans un premier temps à construire des relations binaires, afin de présenter les préférences du décideur et ce en fonction de l'information disponible [Jean-Marc Martel, 1999].

Les méthodes de cette approche forment un compromis (puisque la relation de dominance associée à un problème multicritère est basée sur l'unanimité des points de vue- tous les critères- , elle est en général tellement pauvre qu'elle ne peut servir à résoudre le problème de décision, c'est la raison pour laquelle de nombreux auteurs ont proposé d'enrichir la relation de dominance au moyen de méthodes dites de surclassement) entre les relations de dominance

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

trop pauvres et celles engendrées par des fonctions d'utilité jugées trop excessives [Jean-Pierre Brans, dans Nadeau.R et M.Landry,1986, 182-212].

Il ya deux manières d'enrichir la relation de dominance [Jean-Pierre Brans,1986, 182-212]:

1. d'une part, le surclassement d'une action par une autre peut être basé sur une règle de majorité des points de vue et non plus sur celle d'unanimité. Dans ce cas, il est en général possible d'ajouter des arcs de surclassement dans le graphe de dominance. La relation obtenue est plus riche et permet éventuellement d'achever le problème de décision.
2. pour enrichir le graphe de dominance, on peut d'autre part adopter une attitude plus nuancée et construire un graphe « valué », partiel ou complet, qui associe à chaque arc une valeur donnant l'intensité de préférence d'une action sur une autre.

Selon Rasmi Ginting et Henri Dou une méthode de surclassement peut donc être scindée en deux étapes :

- la construction de la relation de surclassement.
- l'exploitation en vue de la problématique.

IV.2.2. Panorama des méthodes :

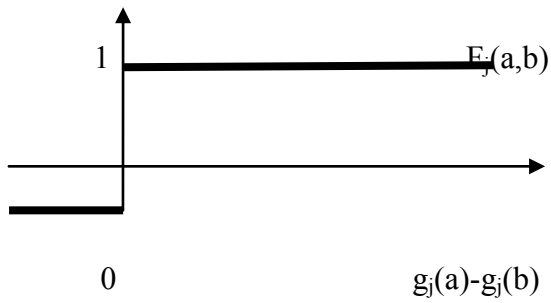
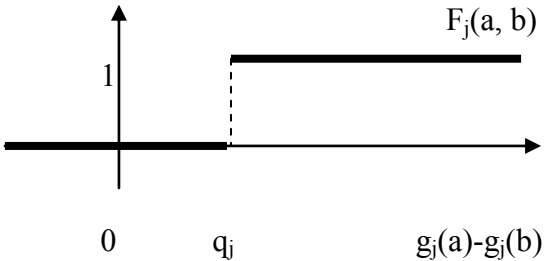
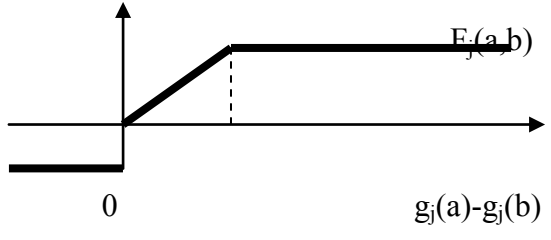
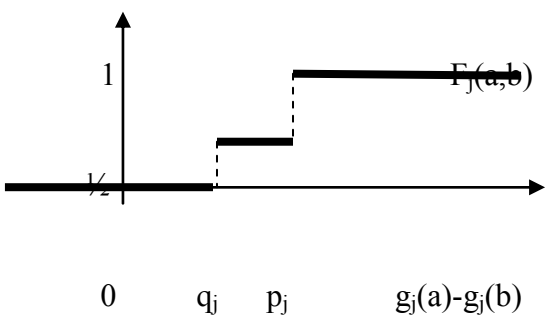
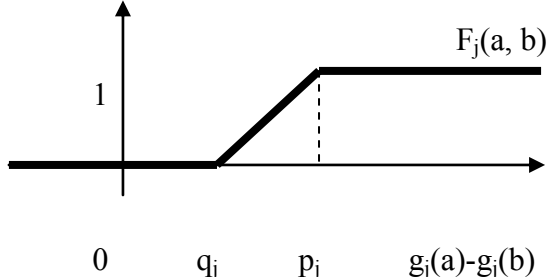
IV.2.2.1.Les méthodes de Famille PROMETHEE [Brans et Vincke , 1985] :

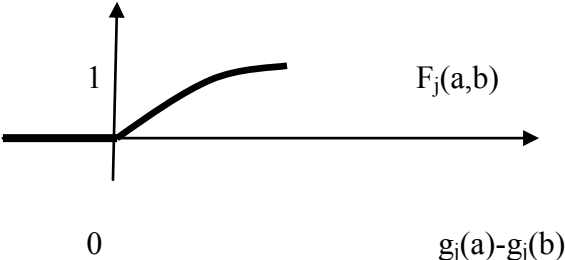
(Perference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation):

Cette famille de méthode introduit un nouveau concept afin de ranger certaines actions par rapport à d'autre, ce concept est celui de la fonction de préférence du décideur donc pour chaque critère, le décideur est appelé à choisir une des six formes de courbes représentées ci-dessous.

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

Figure 9 : Différents types de critères [Vincke 1985] :

<p>1^{ère} forme : Vrai-critère</p>  <p style="text-align: center;">$g_j(a)-g_j(b)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Préférence stricte immédiate. • Pas de paramètres à déterminer. $F_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{si } g_j(a) > g_j(b) \\ 0 & \text{si } g_j(a) \leq g_j(b) \end{cases}$
<p>2^{ème} forme : Quasi-critère</p>  <p style="text-align: center;">$g_j(a)-g_j(b)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe un seuil d'indifférence (quasi-critère) qui doit être fixé. $F_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{si } g_j(a) - g_j(b) > q_j \\ 0 & \text{si } g_j(a) - g_j(b) \leq q_j \end{cases}$
<p>3^{ème} forme : Prés-critère</p>  <p style="text-align: center;">$g_j(a)-g_j(b)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La préférence croît jusqu'à un seuil de préférence qui doit être fixé. $F_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{si } g_j(a)-g_j(b) > p_j \\ g_j(a)-g_j(b)/p_j & \text{si } 0 < g_j(a)-g_j(b) \leq p_j \\ 0 & \text{si } g_j(a)-g_j(b) \leq 0 \end{cases}$
<p>4^{ème} forme : Pseudo-critère 1</p>  <p style="text-align: center;">$g_j(a)-g_j(b)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe un seuil d'indifférence et seuil de préférence à fixer (pseudo-critère) ; entre les deux, la préférence est moyenne. $F_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{si } g_j(a)-g_j(b) > p_j \\ 1/2 & \text{si } q_j < g_j(a)-g_j(b) \leq p_j \\ 0 & \text{si } g_j(a)-g_j(b) \leq q_j \end{cases}$
<p>5^{ème} forme : Pseudo critère 2</p>  <p style="text-align: center;">$g_j(a)-g_j(b)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe un seuil d'indifférence et un seuil de préférence à fixer, entre les deux la préférence est croissante. $F_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{si } g_j(a)-g_j(b) > p_j \\ [g_j(a)-g_j(b)-q_j]/[p_j - q_j] & \text{si } q_j < g_j(a)- \end{cases}$

	$g_j(b) \leq p_j$ 0 si $g_j(a) - g_j(b) \leq q_j$
<p>6^{ème} forme : Critère gaussien</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • La préférence croît suivant une loi gaussienne dont il faut fixer l'écart-type. $F_j(a,b) = 1 - \exp [-(g_j(a) - g_j(b)) / -2\sigma^2]$ Avec σ = écart-type

Source : Vincke[1989]

IV.2.2.1.1 Construction d'une méthode simple la méthode PROMETHEE

La caractéristique essentielle de cette méthode d'être simple et facilement compréhensible par les utilisateurs. Elle est basée sur une extension de la notion de critère. Celle-ci nécessite la fixation par le décideur d'un certain nombre de paramètres qui ne posent toutefois de difficulté car, dans chaque cas, ils ont une signification économique bien précise. La méthode permet d'obtenir facilement un graphe valué de surclassement pour lequel deux exploitations (ou traitements mathématiques) particulières sont proposées. La première mène à l'incomparabilité (méthode PROMETHEE I), la seconde permet de ranger les actions potentielles de la meilleure à la moins bonne par un pré-ordre total (méthode PROMETHEE II). [Jean-Pierre Brans, 1986, 182-212]:

Cette méthode s'adresse à des problèmes de type :

$$\text{Max } \{f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_h(x), \dots, f_k(x) / x \in A\}$$

Où les $f_h(x)$, $h = 1, 2, \dots, k$ sont des fonctions critères, définies dans A et à valeurs réelles. Pour faciliter l'exposé, nous supposons que tous les critères sont à maximiser. Il n'y a cependant pas d'objection à considérer aussi des critères à minimiser.

IV.2.2.1.2. Extension de la notion de critère :

Cette extension est basée sur l'introduction d'une fonction donnant la préférence du décideur pour une action x par rapport à une action y de A . Une telle fonction devra être définie séparément pour chaque critère. Le décideur aura le choix entre six types de fonction de

préférence. Ces six types ne sont pas limitatifs, mais ils nous semblent pouvoir recouvrir tous les cas susceptibles d'être rencontrés dans les applications.

Chaque fonction de préférence prendra ses valeurs entre 0 et 1. Plus la valeur est proche de 0, plus l'indifférence du décideur pour les deux actions augmente. Plus elle tend vers 1, plus sa préférence pour une action grandit.

La fonction de préférence $P(xy)$ de x par rapport à y , pour un critère $f(.)$ déterminé, sera définie par

$$(1) \dots P(xy) = \begin{cases} 0, & f(x) \leq f(y). \\ p(d), & f(x) > f(y). \end{cases} \quad \text{où} \quad d = f(x) - f(y)$$

Il semble raisonnable de choisir pour $p(.)$ des fonctions croissantes de la différence $f(x) - f(y)$ afin de pouvoir exprimer une préférence d'autant plus grande pour x par rapport à y que cette différence est grande. On pourrait néanmoins imaginer des fonctions de $f(x)$ et $f(y)$ plus sophistiquées.

Afin de faire apparaître plus clairement la zone d'indifférence dans le voisinage de $f(y)$, nous pouvons considérer la fonction :

$$H(d) = \begin{cases} P(x, y), & d \geq 0 \\ P(y, x), & d \leq 0 \end{cases}$$

Donnant l'intensité de préférence de x sur y si $d \geq 0$ et de y sur x si $d \leq 0$.

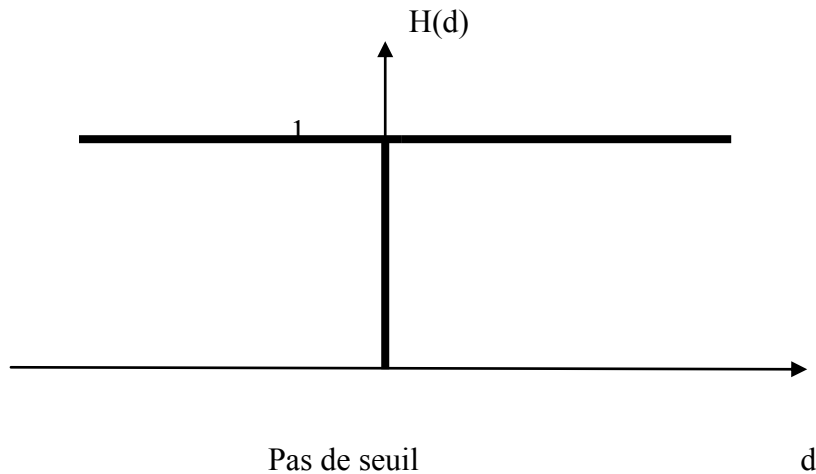
Dans les applications pratiques, le décideur doit choisir une fonction de préférence (1) associée à chaque critère. Nous pensons qu'il est nécessaire d'envisager des fonctions simples, c'est pourquoi nous délimitons le choix à l'un des six types suivants. Dans chaque cas, les fonctions de préférence sont définies par un petit nombre de paramètres (au maximum 2) dont la valeur peut facilement être identifiée par le décideur, car ils présentent chaque fois une réelle signification économique.

1. Type I : cas du vrai critère ou critère usuel

Soit :

$$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$$

Il y a ici indifférence entre x et y seulement si $f(x) = f(y)$. Dès que ces valeurs sont indifférentes il y a préférence stricte pour une des actions. Il n'y a pas de paramètre à fixer. Critère de type I (**Figure 10** ci-dessous)



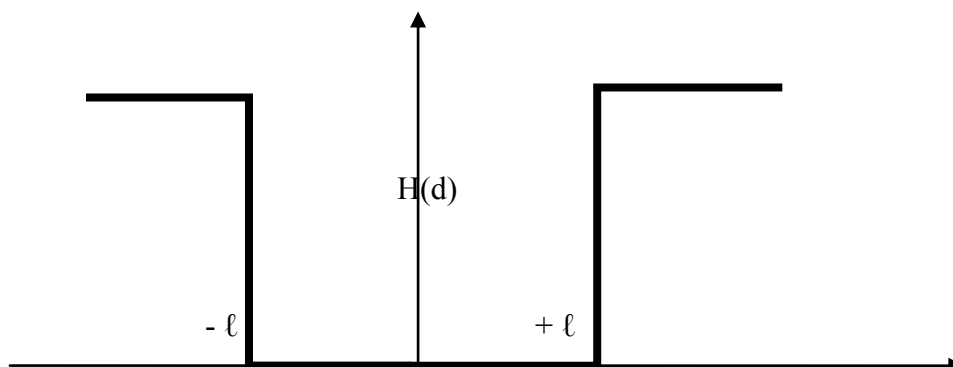
2. **Type II** : cas du quasi-critère ou critère en U

Soit

$$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq \ell \\ 1, & d > \ell \end{cases}$$

Dans ce cas, il y a indifférence entre x et y aussi longtemps que l'écart entre $f(x)$ et $f(y)$ n'excède pas ℓ ; au-delà la préférence devient stricte. Cette fonction de préférence s'apparente au cas du quasi-critère tel qu'il est défini par **B. Roy** . Un seul paramètre ℓ doit être fixé. On retrouve le vrai critère si $\ell = 0$.

Critère de type II (**Figure 11** ci-dessous)



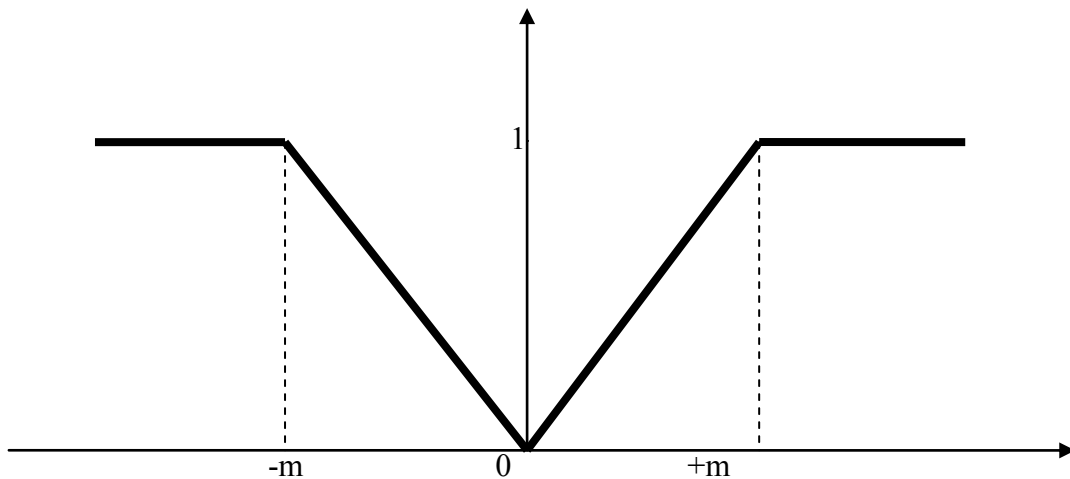
3. **Type III** cas du critère à préférence linéaire ou critère en V

Soit :

$$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{m}, & 0 \leq d \leq m \\ 1, & d \geq m \end{cases}$$

Une telle extension de la notion de critère permet au décideur de préférer progressivement x à y pour des écarts entre $f(x)$ et $f(y)$ de plus en plus grands. L'intensité de préférence croît linéairement jusqu'à ce que l'écart atteigne m , au-delà la préférence devient stricte. Le décideur ne doit fournir que la valeur d'un seul paramètre (m). Si $m = 0$, on retrouve le cas de vrai critère.

Critère de type III (**Figure 12** ci-dessous)



4. **Type IV** cas du critère à paliers

Soit :

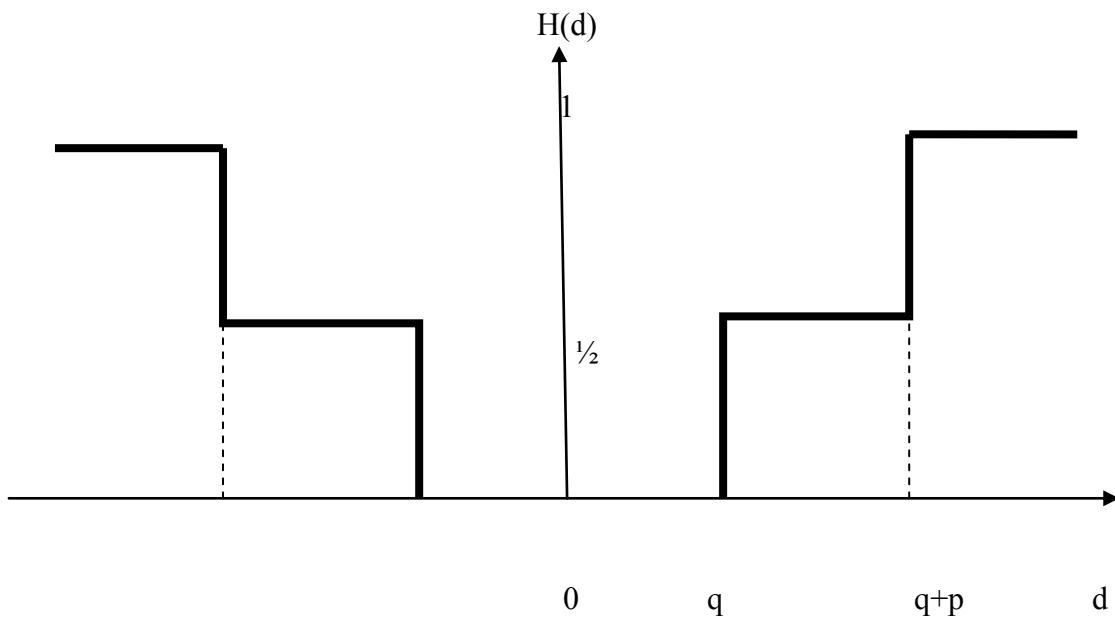
$$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq q+p \\ 1, & d > q+p \end{cases}$$

Si l'écart $f(x)$ et $f(y)$ n'excède pas q , x et y restent indifférents. Entre q et $q+p$ la préférence est faible ($1/2$) et devient stricte au-delà. Cette extension peut se comparer à celle

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

du pseudo-critère introduite par B. Roy. Observons néanmoins que la préférence faible est marquée ici par une intensité de préférence et non par une hésitation entre l'indifférence et la préférence stricte. Il y a cette fois deux paramètres (q et p) à fixer. On retrouve le vrai critère si $q=p=0$ et le quasi critère si $q > 0$ et $p=0$. Rien n'interdit évidemment de considérer des critères à plus de 2 paliers. Cette situation s'introduit naturellement lorsque le critère étudié donne lieu à des normes préétablies.

Critère de type IV (Figure 13 ci-dessous)



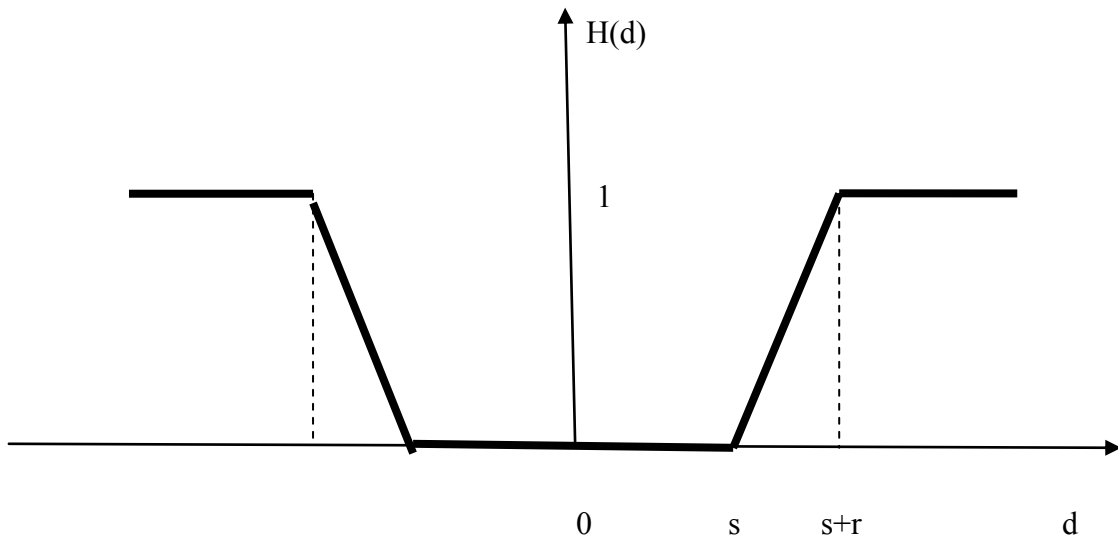
5. *Type V* : cas du critère à préférence linéaire avec zone d'indifférence

Soit :

$$p(d) = \begin{cases} 0, & d \leq s \\ \frac{x-s}{r}, & s \leq d \leq s+r \\ 1, & d \geq s+r \end{cases}$$

Cette fois, le décideur a la possibilité de considérer x et y comme indifférents aussi longtemps que l'écart entre $f(x)$ et $f(y)$ n'excède pas s . Au-delà la préférence croît progressivement jusqu'à ce que l'écart atteigne $s+r$. Il y a deux paramètres (s et r) à fixer. Nous retrouvons le vrai critère si $r=s=0$, le critère à préférence linéaire si $s=0$ et $r > 0$ et le quasi-critère si $s > 0$ et $r=0$.

Critère du type V (Figure 14 ci-dessous)



Les cinq types considérés ci-dessus nous paraissent suffisants pour traiter tous les cas rencontrés dans les applications pratiques. Cependant des types plus sophistiqués de fonctions de préférence pourraient être imaginés.

IV.2.2.1.3. Les variantes de la méthode PROMETHEE :

A. PROMETHEE I : (Rangement des actions en un pré-ordre partiel) :

- Un ensemble d'actions qui doivent être rangé par ordre de préférences :
- L'ensemble $[a_1, a_2, \dots, a_k]$ noté A
- Un ensemble de critères de préférence ou de sélection ; L'ensemble $[C_1, \dots, C_m]$.
- Des poids affectés à chaque critère ;
- L'ensemble $[\omega_1, \dots, \omega_m]$ noté Ω tel que $\sum \omega_i = 1$.
- Un ensemble de fonctions de préférences qui expriment comment on préfère une action plutôt qu'une autre. L'ensemble $[P_1, \dots, P_m]$ noté P. [Optimize 09/05/2006]

Les trois étapes de la méthode :

1. Sélection des critères généralisés.
2. Détermination de la relation de surclassement.
3. Evaluation des préférences.

Concept de critère généralisé : $C_i(a)$ est un critère à optimiser .On considère la fonction de préférence (F). (Figure 15 ci-dessous)

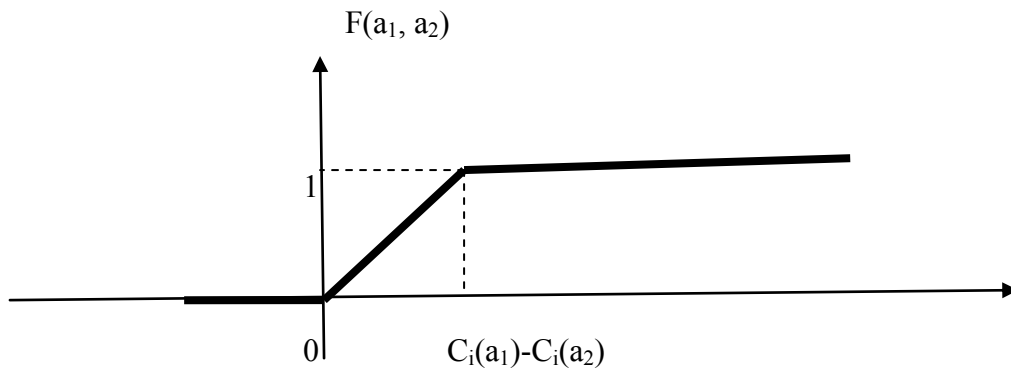
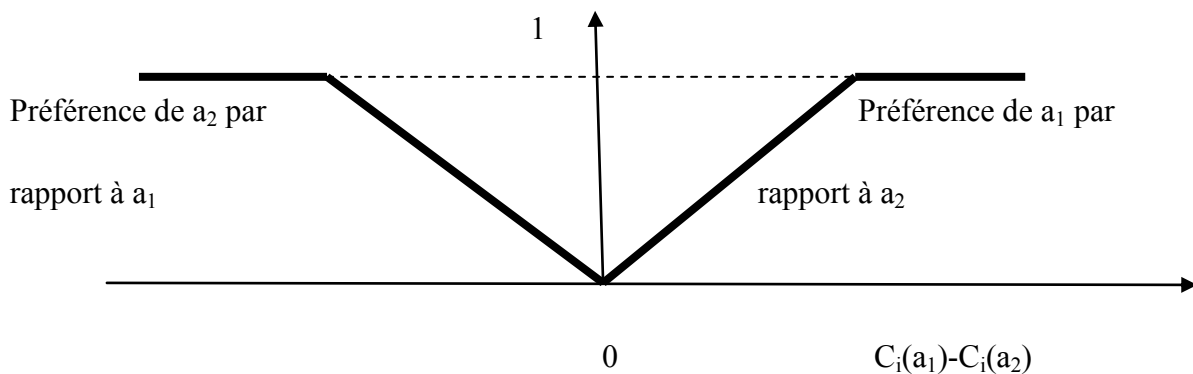


Figure 16 : La relation de préférence : H



Choix des types de transformation :

- Critère opérationnel : type III
- Court-terme financier, coût d'acquisition, coût de construction : type V
- Long-terme financier, coût de maintenance, coût d'un cycle de vie : type IV
- Ressources discrètes : type II
- Ecologie : type I
- Sécurité, qualité : type VI

B. Mode d'application de PROMETHEE I et II :

Ces méthodes s'appliquent en quatre étapes :

1. Sélection des critères généralisés : on fixe pour chaque critère, une des six formes de courbes ainsi que les paramètres qui lui sont associés.
2. Détermination des relations de surclassement et calcul de la préférence globale pour chaque couple d'action (a_i, a_k) comme suit :

$$P(a_i, a_k) = \sum_{j=1}^n \pi_j \cdot F_j(a_i, a_k)$$

3. Evaluation des flux entrant et sortant pour chaque action a_i .

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

$\Phi^+(a_i) = \sum_{a \in A; a_k \neq a_i} P(a_i, a_k)$; flux positif qui exprime la force de a_i : flux sortant.

$\Phi^-(a_i) = \sum_{a \in A; a_k \neq a_i} P(a_k, a_i)$; flux négatif qui exprime la faiblesses de a_i : flux entrant.

4. Détermination des deux pré-ordres totaux et rangement des actions :
 - Le premier pré-ordre total consiste à ranger les actions dans l'ordre décroissant des Φ^+ .
 - Le second pré-ordre total consiste à ranger les actions dans l'ordre croissant des Φ^- .
 - L'intersection des deux pré-ordres totaux fournit le pré-ordre partiel de la méthode PROMETHEE I.
 - Rangement des actions dans l'ordre décroissant des scores $\Phi(a_i)$ définis :
 $\Phi(a_i) = \Phi^+(a_i) - \Phi^-(a_i)$, fournit le pré-ordre total de la méthode PROMETHEE II .

D'autres variantes des PROMETHEE ont déjà été exploré tel : PROMETHEE III conduisant à un ordre d'intervalle, PROMETHEE IV (lorsque l'ensemble des solutions admissibles est un continuum) et PROMETHEE V qui a été conçu pour des choix multicritères avec contraintes de segmentation.

IV.2.2.2. Les méthodes de Famille ELECTRE :

IV.2.2.2.1. La méthode ELECTRE I [Roy, 1968] :(Elimination Et Choix Traduisant la réalité)

Cette méthode construit une relation de surclassement qui servira à comparer les actions entre elles. Le but est de sélectionner un sous-ensemble d'actions, aussi restreint que possible. Le surclassement par le biais de cette méthode repose sur :

- 1- une condition de concordance : condition imposant qu'une majorité des critères se dégagent en faveur de l'action surclassante.
- 2- une condition de non-discordance : condition imposant qu'il n'existe pas une trop forte pression, dans un des critères de la minorité en faveur du surclassement inverse [Schàrlig 1985, Scharlig 1996].

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

La méthode ELECTRE I vise à obtenir une partition de A en deux sous-ensembles N et $A \setminus N$. N est appelé le noyau du graphe de surclassement (c'est le siège des actions non surclassées) ; La meilleure action est contenue dans N, tel que :

- toute action du noyau ne se surclassement pas entre elles.
- toute action hors du noyau est surclassée par au moins une action de N.

Le déroulement de la méthode se fait comme suit :

1. Définir les critères j de jugement des actions (les critères sont vrais-critères).
2. Attribuer à chaque critère j un poids π_j d'autant plus grand que le critère est important.
3. Calculer pour chaque couple d'action (a_i, a_k) l'indice de discordance comme suit :

$$C(a_i, a_k) = \sum_{j: (e_{ij} \geq e_{kj})} \pi_j \quad \text{avec} \quad \sum_{j=1}^n \pi_j = 1$$

Cet indice $C(a_i, a_k)$ mesure les arguments en faveur de l'affirmation « a_i surclasse a_k » ; e_{ij} : l'évaluation de l'action a_i suivant le critère j.

L'indice de concordance est donc donné par la somme des poids des critères pour lesquels l'action « a_i » est au moins égale à l'action « a_j » sur l'ensemble des critères.

4. Calculer les indices de discordance :

$$D(a_i, a_k) = \begin{cases} 0 & \text{si } \{j : e_{ij} < e_{kj}\} = \emptyset \\ \frac{1}{E} \times \text{Max}_{\{j : e_{ij} \leq e_{kj}\}} |e_{kj} - e_{ij}| & \text{Sinon} \end{cases}$$

E est l'étendue de la plus grande échelle associée à l'un des critères.

Cette condition (discordance) permet de refuser une hypothèse de surclassement de type a_i S a_k obtenue par la concordance lorsqu'il existe une opposition trop forte sur un ou plusieurs critères.

5. Construire les relations de surclassement de a_k par a_i en satisfaisant un test de concordance et un test de non discordance : si $[C(a_i, a_k) \geq c]$ et $[D(a_i, a_k) \leq d] \Leftrightarrow a_i$ S a_k
si l'un ou l'autre des tests ou les deux ne sont pas satisfait, on se retrouve dans une situation d'incomparabilité. Si $[C(a_i, a_k) \leq c]$ ou $[D(a_i, a_k) \geq d] \Leftrightarrow a_i$ R a_k

c : est le seuil de concordance ; il est relativement grand, $c \in [1/2, 1]$.

d : est le seuil de discordance : il est relativement petit.

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

6. Exploiter les relations de surclassement : Cette étape consiste à déterminer le sous-ensemble d'actions N (noyau).

IV.2.2.2.2. La méthode ELECTRE II [Roy et Bertier, 1971] :

Cette méthode relève de la problématique de rangement ($P\gamma$), ses éléments nouveaux par rapport à la méthode ELECTRE I sont :

- L'indice de discordance ne change pas dans sa définition, mais on le calcule pour chaque critère discordance.
- Plusieurs seuils de concordance et de discordance sont utilisés simultanément et non un seul comme au cours de chaque itération d'ELECTRE I. Selon les seuils introduits la relation de surclassement sera qualifiée de forte ou faible.

Elle se présente comme suit (après attribution à chaque critère j , un poids π_j d'autant plus grand que l'importance du critère en question).

1. calcul des $C(a_i, a_k)$:

$$C(a_i, a_k) = \frac{\sum_{j: (e_{ij} \geq e_{kj})} \pi_j}{\sum_{j=1}^n \pi_j} \text{ avec } \sum_{j=1}^n \pi_j = 1$$

2. calcul des $D(a_i, a_k)$ pour tout critère j : $D_j(a_i, a_k)$

$$D_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0 & \text{si } e_{ij} \geq e_{kj} \\ e_{kj} - e_{ij} & \text{si } e_{ij} < e_{kj} \end{cases}$$

3. construction des relations de surclassement : On conclut au surclassement fort de a_k par a_i ($a_i S^F a_k$) si un test de concordance et un test de non discordance sont satisfaits :

$$\text{si } \left\{ \frac{\sum_{j: \Delta_j > 0} \pi_j}{\sum_{j: \Delta_j < 0} \pi_j} > 1 \text{ et } \left. \begin{array}{l} \text{si } (C(a_i, a_k) \geq c_1 \text{ et } D(a_i, a_k) \leq d_{j2} \forall j) \\ \text{ou} \\ \text{si } (C(a_i, a_k) \geq c_2 \text{ et } D(a_i, a_k) \leq d_{j1} \forall j) \end{array} \right\} \Rightarrow a_i S^F a_k$$

On conclut au surclassement faible de a_k par a_i ($a_i S^f a_k$) si les tests de concordance et de non discordance suivants sont satisfaits :

$$\text{si } \frac{\sum_{j:\Delta_j > 0} \pi_j}{\sum_{j:\Delta_j < 0} \pi_j} > 1 \text{ si } (C(a_i, a_k) \geq c_3 \text{ et } D(a_i, a_k) \leq d_{j2} \forall j) \Leftrightarrow a_i S^f a_k$$

si aucun des deux tests précédents n'est satisfait, alors on conclut à l'incomparabilité des actions a_i et a_k ($a_k R a_i$).

4. Exploiter les relations de surclassement :

On établit deux pré-ordres totaux P_1 et P_2 , ainsi qu'un pré-ordre partiel P .

- Le premier pré-ordre total P_1 est obtenu par « classement » en utilisant uniquement les surclassements forts ; la première classe est celle des actions non surclassées : c'est-à-dire celles auxquelles aboutit un chemin de longueur nulle. La deuxième classe est celle des actions auxquelles aboutit un chemin de longueur 1, et ainsi de suite. Par longueur d'un chemin, on entend le nombre d'arcs constituant ce chemin. On utilise ensuite les surclassements faibles pour départager les actions à l'intérieur des classes.
- Le second pré-ordre P_2 est obtenu par « classement inverse » : on classe cette fois les actions en fonction de la longueur des chemins- toujours en classement fort- qui en sont issus. On utilise les surclassements faibles pour départager les actions à l'intérieur des classes.
- Le pré-ordre P^- est l'intersection de P_1 et P_2 .

IV.2.2.2.3. La méthode ELECTRE III:

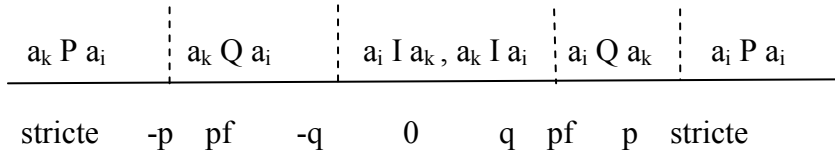
Tout contrairement à la méthode ELECTRE I, cette méthode ne se limite pas seulement à la recherche de deux espèces de surclassement les forts et les faibles, mais elle considère toute une famille, qui va de totalement fort (note 1) jusqu'au totalement faible (inexistant) (note 0) en passant par toutes les nuances que permet l'échelle continue entre ces deux extrêmes.

Elle se distingue des méthodes ELECTRE I et II par l'exploitation de pseudo-critères donc introduction [Roy, 1978]:

- de préférence faible (Q) selon le graphe suivant :

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

$$a_i \text{ Q } a_k \text{ si } -p < a_i - a_k < -q$$



La structure de préférence Electre III

- de seuil d'indifférence q : $a_i \text{ I } a_k$ si $|a_i - a_k| < Q$
- de degré de crédibilité (veto).
- de distillation successives ascendantes et descendantes.

Elle se déroule comme suit : (après attribution d'un poids π_j , d'autant plus grand que l'importance du critère en question, à chaque critère) :

1. Calcul des $C(a_i, a_k)$:

$$C(a_i, a_k) = \sum_{j=1}^n \pi_j \cdot \delta_j(a_i, a_k) \text{ où } \delta_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } -q_j \leq \Delta_j \\ \frac{\Delta_j + P_j}{P_j - q_j} & \text{si } -p_j < \Delta_j < -q_j \\ 0 & \text{si } \Delta_j \leq -p_j \end{cases}$$

avec $\Delta_j = e_{ij} - e_{kj}$ et q_j, p_j les seuils de discrimination.

2. Calcul des $D_j(a_i, a_k)$:

$$D_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0 & \text{si } -p_j \leq \Delta_j \\ \frac{\Delta_j + P_j}{\vartheta_j - p_j} & \text{si } -\vartheta_j < \Delta_j < -p_j \\ 1 & \text{si } \Delta_j \leq -\vartheta_j \end{cases} \text{ où } : \vartheta_j : \text{ le seuil de veto du critère } j$$

3. Détermination des degrés de crédibilité des surclassements :

$$\sigma(a_i, a_k) = \begin{cases} C(a_i, a_k) & \text{si } D_j(a_i, a_k) \leq C(a_i, a_k) \forall j \\ C(a_i, a_k) \cdot \prod_{j: D_j(a_i, a_k) > C(a_i, a_k)} \frac{1 - D_j(a_i, a_k)}{1 - C(a_i, a_k)} & \text{si } \exists j : D_j(a_i, a_k) > C(a_i, a_k) \end{cases}$$

Cette étape permet la détermination des relations de surclassement valuées $\in [0, 1]$, pour tout couple d'actions (a_i, a_k) .

4. Exploiter les relations de surclassement :

En procédant à des distillations successives descendantes et ascendantes, nous jouerons sur le niveau de signification du degré de crédibilité, ceci nous fera aboutir à deux rangements (pré-ordre complet) qui par leurs intersection fournira un rangement final.

IV.2.2.2.4. La méthode ELECRTE IV [Roy et Hugonnard, 1982](P γ)

Cette méthode se caractérise par :

- ne fait pas intervenir les pondérations pour les critères (les poids).
- se sert de seuils de classement « flous ».
- marque une nette simplification par rapport à ELECTRE III.
- ne calcul pas les indices de concordance et de discordance.
- impose qu'aucun critère ne soit prépondérant face à un regroupement d'une moitié quelconque des critères et qu'aucun ne soit négligeable face au même regroupement.

Elle se déroule comme suit :

1. Evaluer chaque couple d'actions selon chaque critère : En se demandant simplement laquelle des deux actions est préférée à l'autre selon le critère en question. C'est à ce niveau qu'interviennent les seuils (q_j, p_j, ϑ_j) si $e_j(a_i) - e_j(a_k) \geq \vartheta_j$ alors a_k ne peut pas surclasser a_i quelque soient les résultats d'évaluation de a_i et a_k par rapport aux autres critères.
2. Détermination des relations de surclassement de tout couple d'actions :

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

- $a_i S^F a_k$ Si :
 - s'il n'existe aucun critères donnant a_k strictement préférée à a_i
 - et
 - si le nombre des critères donnant a_k faiblement préférée à a_i est au plus égal au nombre des critères donnant a_i préférée (strictement ou faiblement) à a_k .

- $a_i S^f a_k$ Si :
 - s'il n'existe aucun critère donnant a_k strictement préférée à a_i , et si la seconde condition ci-dessus n'est pas vérifiée
 - Ou
 - s'il existe un unique critère donnant a_k strictement préférée à a_i , l'écart étant au plus égal au double du seuil de préférence, et si trois critères au moins donnant a_i strictement préférée à a_k .

3. Exploiter les relations de surclassement : la recherche dans le graphe (avec arcs) de surclassement fort et faible (construit à partir de l'étape 2) de deux classements antagonistes, par distillation (comme ELECTRE III).

IV.2.2.2.5. La méthode ELECTRE Iv:

Une variante d'ELECTRE I est apparue, construite sur le désir d'utiliser des vraies performances et non plus les notes, mais malheureusement, cette variante est souvent appelée tout simplement ELECTRE I. Elle revient certes mathématiquement au même principe, mais elle est tellement différente dans son déroulement-et donc dans l'image qu'elle donne aux utilisateurs profanes - qu'elle mérite d'être traitée comme une autre ELECTRE. D'où son appellation d'ELECTRE Iv, ce « v » signifiant à choix variante, ou veto.

Il est donc nécessaire de choisir un seuil de veto (en abandonnant les jugements en notes au profit des vraies valeurs) pour chaque critère avant de passer à l'exploitation du tableau (ou matrice) de performances. [A. Scharlig, 1996, 73-85]

IV.2.2.2.6. La méthode ELECTRE Is [Rov et Skalka, 1984/1985] :

Cette méthode emploie toujours un indice de concordance calculé sur un critère à seuils (comme ELECTRE III), elle s'applique dans le cas où le problème porte sur des pseudo-

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

critères muni d'un coefficient d'importance et d'un seuil de veto. Son exploitation conduit à la détermination d'un noyau.

Elle se présente comme suit :

1. Calcul des indices de concordance (Idem que ELECTRE III).
2. Calcul des indices de discordance (Idem que ELECTRE I).
3. Construction des relations de surclassement :

$$\begin{cases} \text{si } (C(a_i, a_k) \geq c) \text{ et } (D_j(a_i, a_k) \leq (\vartheta - D)) \Leftrightarrow (a_i S a_k) \\ \text{sinon} \Leftrightarrow (a_i R a_k) \end{cases}$$

$$\text{avec } D = q_j \times \frac{1 - C(a_i, a_k)}{1 - c}$$

IV.2.2.2.7. La méthode ELECTRE Tri (Pβ) [Roy et Boyssou, 1993, 390-396] :

Cette méthode est le jumelage de deux procédures qui conduisent, la première à une affectation pessimiste (logique conjonctive), la seconde à une affectation optimiste (logique disjonctive), ces deux affectations peuvent coïncider (pour certaines actions) mais il se peut qu'une action a soit affectée en catégorie C^h par la procédure pessimiste et en catégorie C^f par la procédure optimiste avec $f \neq h$.

- **ELECTRI Tri pessimiste :**

- Poser successivement $i = k, k-1, \dots$ pour tester si $a S b^{i-1}$ est vraie.
- Arrêter la procédure à la première valeur de i pour laquelle le test est positif : soit h cette valeur.
- Affecter a en catégorie C^h .

Par construction, C^h est donc la catégorie la plus haute telle que $a S b^{h-1}$.

- **ELECTRE Tri optimiste :**

- Noter \succ la relation définie par :
 $b \succ a \Leftrightarrow b S a$ et Non $(a S b)$.
- Poser successivement $i = 0, 1, \dots$ pour tester si $b^i \succ a$ est vraie.

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

- Arrêter la procédure à la première valeur de i pour laquelle le test est positif : soit f cette valeur.
- Affecter a en catégorie C^f .

Par construction, C^f donc la catégorie la plus basse $b^f \succ a$.

IV.2.3. Critiques et Discussion :

Malgré le fait qu'elles soient faciles et compréhensibles par l'utilisateur, les méthodes PROMETHEE ainsi que les méthodes ELECTRE, qui illustrent « l'approche multicritère : école européenne », néanmoins il est possible de noter certains nombres d'inconvénient [Brans et Vincke, 1985] :

- *La modélisation des préférences :*

Il reste insuffisant de se baser sur le concept de quasi-critère pour appréhender les préférences des individus de façon réaliste, puisque ELECTRE I (qui exige de traduire les performances des actions en notes) et ELECTRE II (la difficulté de déterminer le pré-ordre partiel P car les rangs des actions bougent beaucoup entre le classement direct et le classement inverse) supposent que la relation d'indifférence est transitive, ce qui est totalement réaliste. Aussi le caractère arbitraire pour la fixation du seuil de concordance ainsi que le saut brusque de l'indifférence à la préférence stricte.

- *La construction de la relation de surclassement :*

Le classement d'une action par rapport à une autre (dans ELECTRE I) essentiellement des poids (fixés arbitrairement), des seuils de concordance et de discordance se qui aboutira à une décision finale très sensible à ces valeurs.

ELECTRE II qui exige des évaluations cardinales et une articulation a-priori des préférences.

La méthode ELECTRE III est la plus sophistiquée puisqu'elle a le mérite d'intégrer des pseudo-critères ce qui exige d'utiliser le flou dans la méthode mais pour se faire elle exige un grand nombre de paramètre technique (tout comme ELECTRE IV) et c'est ce qui témoigne de sa complexité et de la difficulté de son interprétation.

- *L'inconvénient lié à l'exploitation de la relation de surclassement :*

La méthode ELECTRE I est conçue pour sélectionner une ou plusieurs actions d'un ensemble n , sur la base d'une famille de critères. Ceci n'est réalisable que si on obtient un noyau unique, condition qui n'est pas évidente. Elle passe donc par une étape intermédiaire consistant à réduire le graphe de surclassement (remplacement des circuits par des sommes) de manière à assurer l'existence et l'unicité du noyau. Cette opération détruit malheureusement une bonne partie de l'information initiale et ne conduit à une solution satisfaisante que dans des cas particuliers.

IV.3. Les méthodes de l'approche du jugement local interactif avec itérations essai-erreur [Roy, 1993, 435-500] :

IV.3.1. Fondement et principe des méthodes

L'approche interactive de développement plus récent, correspond à l'évolution des méthodes d'aide multicritère à la décision vers un accroissement du rôle du décideur au moyen de son intégration au processus de résolution. À l'origine de ces méthodes, il y a également la complexité et le caractère instable de tout système de préférences qui peuvent rendre difficile l'utilisation des deux précédentes approches dans lesquelles ce système de préférence est appréhendé dans sa totalité. L'approche interactive vise à élaborer progressivement la solution du problème de décision au cours d'un cheminement à l'intérieur de A . Ce cheminement ne fait intervenir que des jugements locaux, c'est-à-dire des jugements qui ne concernent que la région de A dans laquelle on se trouve. Ce cheminement prend la forme d'une succession, régie par un protocole d'interaction, d'étapes de calcul et d'étapes de dialogue. À chaque étape de dialogue, on demande au décideur de réagir face à une proposition de solution et de réaction du décideur fournit une information concernant ses préférences. Cette information est alors utilisée dans une étape de calcul, pour déterminer une nouvelle proposition qui servira de base à une nouvelle étape de dialogue, etc. Les questions et propositions ne sont donc pas préétablies mais dépendent des réactions du décideur. La solution est ici le produit de l'interaction entre le décideur d'une part et l'ordinateur d'autre part. La quasi-totalité des méthodes interactives développées à ce jour sont destinées à une problématique de choix. Ceci s'explique par la spécificité des méthodes interactives qui s'organisent autour des propositions établies sur la base d'agrégation et d'information à caractère local. La problématique du choix d'inscrit naturellement dans une telle démarche puisque toute proposition locale peut s'interpréter comme une solution potentielle et inversement. Le cas d'une problématique de tri ou d'une problématique de rangement pose plus de difficulté, puisque, dans ce cas, pour que les propositions et les

solutions qui coïncident, il faut raisonner au niveau global, ce qui représente un effort cognitif trop important ou même impossible pour le décideur. La solution passe par la construction d'un preordre ou d'une règle d'affectation sur un sous-ensemble de A puis par son extrapolation à l'ensemble A tout entier. Ainsi, une seule méthode interactive en problématique de tri a vu le jour (méthode N-Tonic, Massaglia et Ostanello 1991), et seules quelques méthodes interactives en problématique de rangement ont été mises au point. Mais, la particularité de ces dernières a conduit à l'apparition d'une quatrième famille de méthodes, qui est l'approche de la désagrégation des préférences. [C. Zopounidis et C. Hurson 1997].

Ces méthodes se sont principalement développées dans de la PMOM, elles consistent à une alternance d'étapes de calcul (fournissant les compromis successifs) et celles de dialoguer avec le décideur (source d'informations supplémentaires sur ses préférences)[Gardiner et Stewer, 1994].

Ce qui fait la particularité de ces méthodes est que le décideur contribue directement à la construction de la solution en intervenant dans la méthode et non seulement dans la définition du problème [Vincke, 1989].

IV.3.2.Panorama des méthodes :

IV.3.2.1.La méthode STEM ($P\alpha^2$) :

- **Fondement de la méthode :**

Cette méthode présente, à chaque itération, une proposition à l'interrogé obtenue en minimisant une distance de Tchebychev pondérée au point idéal de A (il est commode d'avoir une idée de la meilleure et de la pire performance possible sur chacun des critères considérés isolément).

Au cas où cette proposition est jugée insatisfaisante par l'interrogé au cours de la phase de dialogue, celui-ci est invité à réagir en indiquant un critère sur lequel il serait prêt à faire une concession et en indiquant la quantité maximale qu'il serait prêt à concéder sur ce critère. [Benayoun et al, 1971][Roy et al, 1993,444]

- **Critiques :**

- Cette méthode est simple et très économe en termes de calculs. Dans le cas où A est défini par un ensemble de contraintes linéaires pesant sur des variables de décision réelles où les critères sont des fonctions linéaires de ces variables (cadre de la programmation linéaire multicritère dans

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

laquelle la méthode fût initialement présentée), chaque étape de calcul nécessite la résolution d'un seul programme linéaire.

- Ne favorise guère l'apprentissage par essai et erreur puisque les concessions qui sont faites à chaque itération sont définitives et ne peuvent plus être remises en cause par la suite donc à la N^{ième} itération lorsque $\lambda_j = 0$, $\forall j \in F$ la méthode ne progresse plus même si l'action a_n est jugée insatisfaisante.
- La STEM demande une information relativement difficile pour être utilisée (sans avoir la possibilité de revenir sur son opinion précédemment émise) puisqu'il est encore plus difficile d'indiquer un critère sur lequel on est prêt à faire une concession que d'en indiquer un sur lequel on souhaiterait augmenter les performances.

IV.3.2.2. La méthode Geoffrion-Dyer-Feinberg [1972] :

• Fondement :

A chaque itération (dans cette méthode) se présente une proposition à l'interrogé qui résulte d'une amélioration de la proposition précédente le long d'une direction déterminée à l'aide de taux de substitution.

• Critiques :

- Si en termes de taux de substitution, l'interrogé répond aux questions en conformité avec une fonction d'utilité $U(g_1(x), g_2(x), \dots, g_n(x))$, la méthode dans ce cas la cherche à se déplacer linéairement de manière optimale le long de cette direction de façon tout-à-fait analogue à ce qui est fait dans l'algorithme de Frank et Wolfe [1956] (la méthode cherche alors, au voisinage de la proposition courante z^k , à estimer le gradient de la fonction d'utilité en ce point) notons ce gradient :

$$\nabla_x [U(g_1(z^k), g_2(z^k), \dots, g_n(z^k))] = \nabla_x [U(\cdot)] = [\partial U(\cdot)/\partial x_1; \partial U(\cdot)/\partial x_2; \dots; \partial U(\cdot)/\partial x_m].$$

Or

$$\partial U(\cdot)/\partial x_i = \sum_{j=1}^n (\partial U(\cdot)/\partial g_j) \cdot (\partial g_j(z^k)/\partial x_i).$$

Et

$$r_{j1}(z^k) = [\partial U(\cdot)/\partial g_j] / [\partial U(\cdot)/\partial g_1].$$

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

- Cette méthode n'exclut pas un apprentissage par essais-erreurs, les conduisant ici à explorer une certaine zone de A au voisinage de la proposition précédente.
- La comparaison des actions $x^1, x^2, \dots, x^\omega$ obtenues par discrétisation le long de la direction d'amélioration ne se fait pas sans poser de difficultés dès lors que ω dépasse quelques unités.

IV.3.2.3. La méthode du point de mire évolutif [Roy 1974b et 1976] :

- **Fondement :**

Cette méthode abandonne complètement l'idée d'irrévocabilité au profit de certaines caractéristiques de la STEM, tout en s'appliquant quelle que soit la nature de A. Elle se présente comme suit :

- **Critiques :**

- La détermination des nouvelles pondérations à chaque itération se fait en demandant à l'interrogé de déterminer, à chaque itération k , un vecteur $(\delta_1^k, \delta_2^k, \dots, \delta_n^k)$ tel que passer de $g_1(a_k)$ à $g_1(a_k) - \delta_1^k$, $g_2(a_k)$ à $g_2(a_k) - \delta_2^k$, ..., $g_n(a_k)$ à $g_n(a_k) - \delta_n^k$ constitue des « regrets équivalents » et en posant $\lambda_j^k = 1/\delta_j^k$. L'impact de la modification proposée est cependant faible, l'interaction venant corriger le côté arbitraire de la modification des coefficients de pondération.
- S'il ya lieu que la proposition a_k soit jugée satisfaisante, la version originale de la méthode prévoit la possibilité de stocker cette proposition et de laisser à l'interrogé la possibilité de redémarrer la méthode sur de nouvelles bases.

IV.3.2.4. La méthode de Vanderpooten [1989 et 1990] :

- **Fondement :**

Cette méthode autorise une exploration (guidée) libre de l'ensemble des actions potentielles quelle que soit la structure de cet ensemble, et ce en permettant à l'interrogé de réagir soit en :

- indiquant des critères sur lesquels il souhaite améliorer les performances de la proposition courante ;

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

- indiquant, sur tout ou partie des critères, des niveaux de performances qui le satisfont.

- **Critiques :**

Elle a la particularité d'autoriser différents modes d'interaction au choix de l'interrogé ; dont le premier est considéré comme un mode par défaut ne requérant que de l'information qualitative, relativement simple à exprimer, alors que le second a pour but de permettre (à l'interrogé lorsqu'il le désire) d'exprimer une information plus précise.

IV.3.2.5. La méthode PREFCLAC : [Jacquet-Lagrèze, 1983] (Pγ) :

Le but dans cette méthode est de construire une règle de classement, de manière interactive, sous la forme d'une fonction d'utilité additive sur un ensemble A défini en extension tout en construisant un vrai-critère de synthèse où chaque fonction μ_j est linéaire par morceaux. En découpant l'intervalle $[e_{j^*}, e_j^*]$ en m_j intervalles d'égale amplitude $[e_j^*, e_j^1]$; $[e_j^1, e_j^2]$; ... ; $[e_j^{m-1}, e_j^*]$ comme suit :

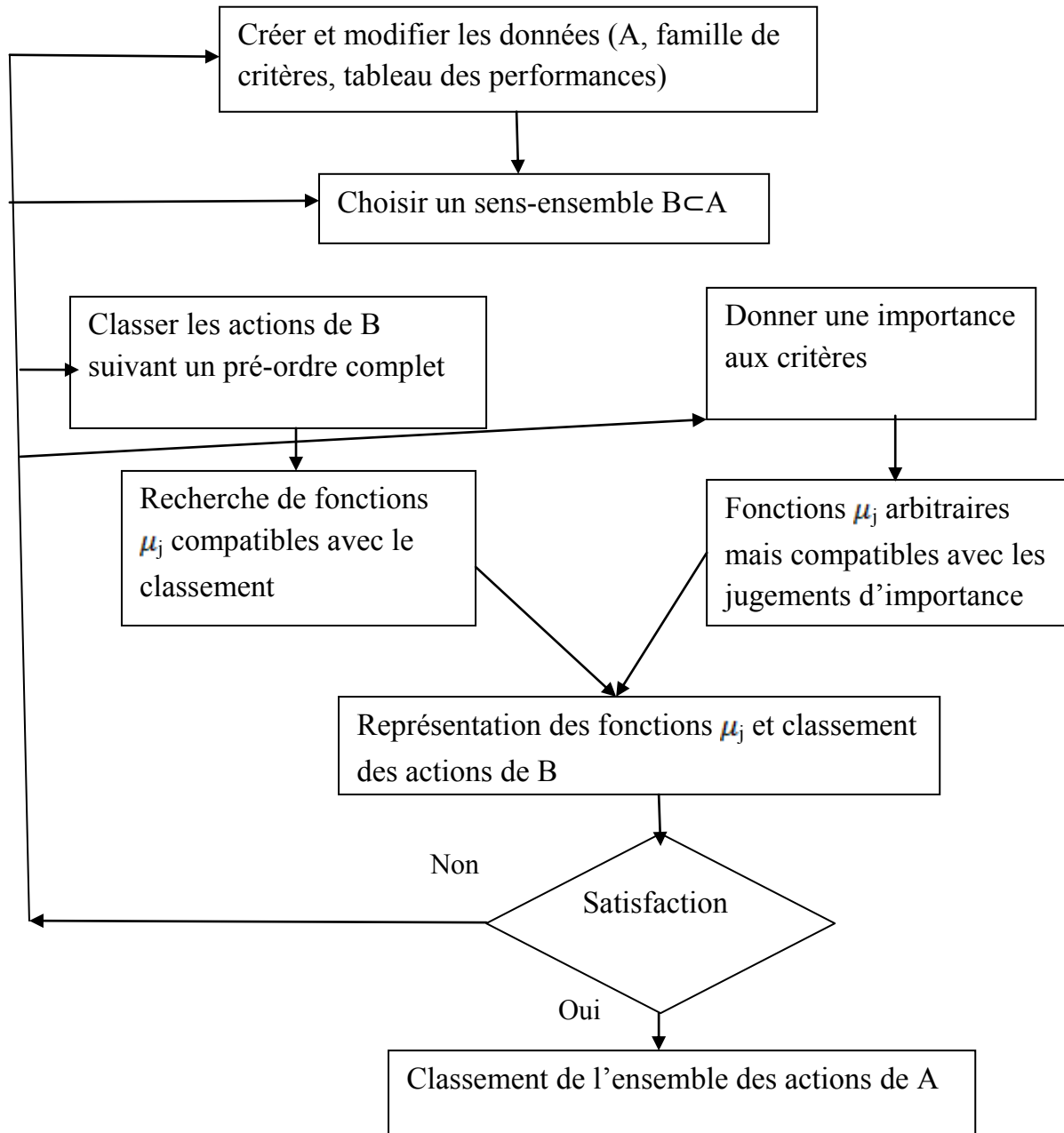
$$\mu_j [g_j(a)] = \mu_j [e_j^k] + [[\mu_j(e_j^{k+1}) - \mu_j(e_j^k)] (g_j(a) - e_j^k) / (e_j^{k+1} - e_j^k)]$$

lorsque $g_j(a) \in [e_j^k, e_j^{k+1}]$.

Le vrai-critère sera alors complètement défini par la donnée, sur chaque critère g_j des m_j valeurs $\mu_j(e_j^1), \mu_j(e_j^2), \dots, \mu(e_j^{m-1}), \mu(e_j^*)$. Ce sont $n \times m_j$ valeurs que la PREFCLAC cherche à bâtir de manière interactive.

La méthode se déroule comme le montre la figure suivante :

Figure 17: Organigramme de la méthode PREFCLAC :



Source : Roy et al , 1993, 497

Les étapes selon les quelles se déroule la PREFCLAC sont comme suit :

- **Etape 1 :** L'interrogé en cette étape est appelé à choisir un sous-ensemble d'actions potentielles $B \subset A$ sur lequel les différentes règles de classement seront illustrées. Ce

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

sous-ensemble B doit être de taille suffisamment restreinte pour que l'illustration d'une règle de classement sur B ne constitue pas une information trop complexe ; et doit comprendre des actions dont l'interrogé a déjà une bonne connaissance.

- **Etape 2** : Le choix du mode d'interaction soit :
 - Le mode direct où l'interrogé indique (de manière qualitative) l'importance relative des critères.
 - Le mode indirect où l'interrogé range les actions de B suivant un pré-ordre complet.
- **Etape 3** : On se basant sur les éléments de B ; la PREFCALC fournit une représentation graphique des fonctions μ_j illustre le critère de synthèse et c'est autour de cette 3^{ème} étape que se déroule l'interaction.
 - ✓ Selon le mode direct : les fonctions μ_j proposées auront une formes arbitraire telles que :
 - g_j jugé plus important que $g_i \Rightarrow \mu_j(e_j^*) > \mu_i(e_i^*)$
 - g_j jugé aussi important que $g_i \Rightarrow \mu_j(e_j^*) = \mu_i(e_i^*)$
 - ✓ Selon le mode indirect : on propose des fonctions μ_j compatibles avec le classement proposé.

Afin de déterminer la fonction d'utilité compatible avec le classement donné, on procède comme suit :

Soit le programme linéaire suivant :

$$\begin{aligned} & \text{Min } \sum_{a \in B} \sigma(a) \\ & \text{s.c. } \sum_{j=1}^n \mu_j(e_j^*) = 1 \\ & \mu_j(e_j^*) \geq \mu_i(e_i^{m-1}) \geq \dots \geq \mu_j(e_j^*) > \mu_i(e_i^1) \quad (j=1, 2, \dots, n) \\ & g(a) - g(b) \geq \varepsilon \quad \text{si } a \text{ est préférée à } b \\ & g(a) - g(b) = 0 \quad \text{si } a \text{ est indifférente à } b \end{aligned}$$

Où

ε : est un nombre strictement positif et « petit »,

Partie II : Les méthodes d'agrégation multicritères :

toutes les variables sont positives ou nulles,

$$g(a) = \sum_{j=1}^n \mu_j (g_j(a)) + \sigma(a), \mu_i (g_i(a))$$

- **Etape 4 :** L'interrogé est ainsi confronté à une représentation graphique des fonctions μ_j , la règle de classement qu'elles induisent étant illustrée sur B, donc il peut :
 - ✓ soit accepter les fonctions qui sont alors utilisées pour ranger l'ensemble des actions de A (fin de la méthode) ;
 - ✓ soit réagir en modifiant le nombre de morceaux linéaires sur chaque critère ou en modifiant l'ensemble B, ou encore en modifiant le classement des actions de B ou l'importance donnée aux divers critères. Sinon en modifiant les données de départ ou directement certains paramètres des fonctions μ_j .

IV.3.2.6. Quelques autres méthodes interactives :

IV.3.2.6.1. La méthode de Zionts et Wallenius [1976 et 1983] ($P\alpha$) :

- **Fondement :**

Cette méthode s'applique dans le cas de la programmation linéaire multicritère. Elle consiste à maximiser la somme pondérée des critères afin d'obtenir une proposition et comparer (par paires) cette dernière avec des actions qui lui sont voisines. Le résultat de ces comparaisons sera utilisé pour introduire des contraintes sur les coefficients de la somme pondérée de manière à ce que ces coefficients soient compatibles avec les préférences exprimées.

- **Critiques :**

Cette méthode exige un volume de calcul important ainsi qu'un nombre important de questions (à chaque étape de dialogue) à quoi doit répondre l'interrogé.

IV.3.2.6.2. La méthode de Vincke [1976] :

- **Fondement :**

En premier faudrait déterminer une première proposition pour qu'ensuite utiliser les facilités offertes par la méthode du simplexe en termes d'analyse de sensibilité afin de déterminer une nouvelle proposition.

- **Critiques :**

Cette méthode n'est applicable que dans le cadre de la programmation linéaire multicritère, ce qui permet à l'interrogé d'explorer librement l'ensemble A et/ou de le redéfinir (avec un faible volume de calcul).

IV.3.2.6.3. La méthode du point de référence [Wierzbick ; 1980 et 1982] :

• **Fondement :**

A chaque étape de dialogue, l'interrogé spécifie un ou plusieurs points de références et c'est en fonction de ce nombre de points de références qu'on détermine le nombre de proposition (en phase de calcul).

• **Critiques :**

- ✓ Cette méthode exige de déterminer des points de références à chaque étape de dialogue, ce qui ne semble pas une chose aisée.
- ✓ Exige des informations de type quantitatives.
- ✓ Tout comme la méthode Vincke [1976], elle autorise une exploration très libre de l'ensemble A.

IV.3.2.6.4. La méthode de Stever et Choo [1983] :

• **Fondement :**

Le but de la phase de calcul est de déterminer un grand nombre d'actions efficaces en utilisant une métrique de Tchebychev augmentée et en utilisant diverses pondérations. Et sa revient à l'interrogé de choisir l'action qu'il préfère ainsi on retrouve a la phase de calcul tout en retraignant l'ensemble des pondérations à des pondérations « proches » de celles ayant abouti au choix de l'interrogé (sa solution préférée).

• **Critiques :**

- ✓ Cette méthode exige un volume important de calcul vu qu'elle se livre à des divers jeux de pondérations afin de mieux couvrir l'ensemble des actions efficaces déterminé précédemment
- ✓ Elle permet un apprentissage par essai et erreur (mais avec des contraintes).

IV.3.2.6.5. La méthode de Korhonen et Laakso[1986] :

• **Fondement :**

Cette méthode consiste à comparer, à chaque fois, le point de référence déterminé par l'interrogé (un seul point par étape) à la proposition antérieure, ainsi ce ci permettra de tracer une direction qui sera projetée sur l'ensemble des actions efficaces de A. On recherche alors une nouvelle proposition sur la courbe qui résulte dev la projection.

• **Critiques :**

- ✓ Elle permet une exploration très libre de l'ensemble A.

- ✓ Il n'est pas du tout aisé de déterminer à chaque étape, un point de référence.

IV.3.2.6.6. La méthode de PRIAM [Lévine et Pomerol, 1986] :

- **Fondement :**

Cette méthode permet d'améliorer itérativement une proposition par un relèvement progressif de niveaux d'exigence minimale sur l'ensemble des critères.

- **Critiques :**

- ✓ Elle n'est applicable que dans le cas où l'ensemble A est défini en extension.
- ✓ Autorise une exploration libre de l'ensemble A.
- ✓ Permet la mise en œuvre de raisonnements essais-erreurs par la fixation de niveaux d'exigences révocables.
- ✓ Exige un effort cognitif important puisque l'interrogé est appelé (à chaque phase de dialogue) à fixer des niveaux d'exigences minimales et d'en spécifier l'irrévocabilité ou non.

Conclusion:

Bien qu'elles présentent une certaine souplesse par rapport à l'approche classique, et que les récents progrès des matériels informatique soient assistés du progrès de génie logiciel (avec l'émergence du concept de Système Interactif d'Aide à la Décision –SIAD), les méthodes interactives ne supplanteront pas les autres méthodes évoquées vu qu'elles possèdent des caractéristiques les rendant mal adaptées à certaines situations.

La caractéristique même du raisonnement local constitue l'handicape majeur de ces méthodes puisque une telle façon de faire, ne trouve sa pleine application que dans les cas où le nombre d'actions potentielles est suffisamment élevé (donc les méthodes évoquées sont conçues pour s'appliquer dans le cadre de la programmation linéaire multicritère « où l'ensemble A est défini de manière implicite).

Ces méthodes visent principalement à permettre à une seule personne de se forger une conviction, ne fournissant généralement pas un « modèle » permettant d'argumenter et de justifier cette conviction vis-à-vis d'autres actions. Elles sont donc souvent mal adaptées dans le cas où l'outil multicritère est utilisé pour fournir une base de discussion dans un processus de décision complexe et conflictuel.

Partie III :L'aide multicritère à la décision en finance :

Chapitre V: La nécessité d'une analyse multicritère pour la prise de décision financière :

Introduction :

Ce chapitre expose les limites de certains critères utilisés, à eux même, comme méthode de résolution et les conflits de ces mêmes critères et ce loin du paradigme multicritère qui est devenu une nécessité puisqu'il marie ces mêmes critères entre afin d'aboutir à une solution satisfaisante.

V.1. Les règles de choix de la décision financière en avenir incertain :

La sélection d'un projet d'investissement (définitivement) dépend essentiellement de la situation interne de l'entreprise liée à l'état de santé de sa finance, et externe liée à son environnement, concurrence, marché financier. .. En plus des critères de sélection des investissements dans de pareilles situations (VAN, TRI, DRS, DRA,...) il existe d'autres règles de choix qui ne reposent pas sur la prévision plus ou moins par faite des données de chaque situation, mais s'opèrent en un avenir incertain. L'avantage que présentent ces critères, c'est leur prise en compte plus ou moins réelle du contexte dans lesquels les décisions d'investissement sont prises. L'exactitude de la prévision est fonction de deux variantes (C. Bouchama ; 2002.p 83-92) :

V.1.1.Un futur probabiliste :

On dispose ici de suffisamment d'informations à caractère expérimental. Dans ces conditions, on opère un calcul probabiliste (on introduit un critère principal c'est celui de l'espérance mathématique de gain) « objectif ou subjectif » des différentes décisions d'investissement possibles. La formule des probabilités subjectives est utilisée dans les situations où l'investisseur est dans l'impossibilité de disposer des informations suffisantes sur les différents coûts et dépenses d'une part, de recettes que secrète la décision d'investissement opéré dans le passé d'autre part. Un autre cas d'investissement nouveau pour la création d'entreprise ou le lancement de produits nouveaux dans le cadre de la diversification amène l'investisseur à utiliser les probabilités subjectives car les pondérations que pourrait offrir une expérience passée sont totalement absentes. Sont qualifiées de

subjectives, car ce genre de probabilités est évalué à priori par l'investisseur qui n'a de matériaux opérationnels et exploitables que son génie, son expérience et surtout son intuition.

Ces probabilités sont progressivement améliorées en fonction de l'avancement de la réalisation de l'investissement lancé, qui offre à l'investisseur au fur et à mesure les premières données. Les décisions ultérieures seront basées sur les premiers résultats obtenus de l'investissement. Pour cette raison là, on dit que les probabilités en jeu sont des probabilités conditionnelles.

Une autre méthode connue par la technique itérative. Elle consiste à l'envoi successif de questionnaires sans qu'aucun des destinations concernées ne sache à qui les questionnaires ont été envoyés. La composition de l'équipe reste ignorée par l'ensemble des membres qui travaillent sur le même investissement. Les réponses obtenues, offrent la possibilité de dégager un premier consensus qui est réexpédié de la même façon aux différents experts consultés.

Un résultat relativement bon, peut être obtenu au quatrième tour de consultation. Le consensus final après les quatre itérations, permettra aux sélectionneurs d'appliquer les probabilités basées sur le critère de l'espérance mathématique du gain, pour prendre telle ou telle décision.

V. 1.2. Un futur non probabiliste :

Certains auteurs ont mis au point d'autres critères de sélection des décisions d'investissement lorsque les conséquences des décisions d'investissement ne peuvent être soumises à l'application des probabilités objectives ou subjectives. Il s'agit du critère de Bernoulli-Laplace en premier lieu, qui est fondé sur le classement des décisions d'investissement en fonction des valeurs moyennes des gains que chaque décision procure, s'agissant d'une valeur moyenne dans la situation d'incertitude, l'investisseur n'a aucun élément sérieux (exact) qui lui permet de faire subir résultats possibles une probabilité quelconque. Si l'on suppose qu'il s'agit de trois décisions différentes, on affecte alors une probabilité de $1/3$ à chaque état de la nature. L'investissement retenu sera celui qui présente une espérance de gain maximum. A ce sujet, Bernoulli et Laplace notent, en cas d'ignorance totale on propose, une pondération uniforme des vraisemblances. Du critère d'A. Wald (principe de max, min) en second lieu, ce principe est un critère de la théorie des jeux. La décision d'investissement retenue est celle pour laquelle le gain minimum est le maximum. Le critère d'A. Wald a l'avantage de préconiser les conditions les plus défavorables de réalisation

de gain, car l'application du principe du maximum est bâtie sur le choix des valeurs les plus élevées des gains les plus faibles pour la sélection des investissements. En troisième position est classé le critère de L. Savage (principe des min,max), ici le choix tombera sur la décision d'investissement qui présente le minimum des gains maximum. L. Savage a pour originalité d'ajouter au critère du mini-max le critère de la matrice de regret qui retrace le manque à gagner que subit l'investisseur, lorsqu'il sélectionne une décision qui lui procure un gain faible que ce qu'il aurait obtenu, s'il avait sélectionné une autre décision d'investissement, dans ce cas, la notion de perte est liée à une décision incorrecte.

V. 1.3. Les exigences de la décision financière en avenir incertain:

L'application des probabilités aux choix des investissements est particulièrement complexe, au même titre que les critères quantitatifs comme la VAN, le TRS, le DRA.

Certes, l'introduction des probabilités a amélioré les conditions de la prise de décision sur la base de données qu'on n'arrive pas souvent à vérifier leur exactitude. Les principales limites sont de trois ordres :

a. La rationalité dans le comportement de l'investisseur :

Souvent la théorie financière en matière d'investissement accorde à l'investisseur le comportement parfaitement rationnel, mais ignore que quelles que soit la décision, elle ne peut pas échapper à l'état des finances de l'entreprise. Dans ces conditions, le comportement supposé rationnel, cède la place à la situation financière qui privilégie souvent la durée de remboursement du capital investi malgré les limites que présente cette règle de calcul.

b. La nécessité de prendre en compte les données de l'environnement de l'entreprise :

Sauf dans les cas exceptionnels, la connaissance avec précision de toutes les données qui concernent l'investissement n'existe pas. La sophistication des méthodes d'analyse et de sélection des décisions et fonctions des données de l'environnement (le secteur d'activité, les segments ; de marché concernés, la législation, les banques, les actionnaires, le milieu écologique,..). L'introduction des calculs de probabilités se justifie par l'impossibilité d'isolement de l'entreprise de son environnement ou de son univers.

Au plein compte, les spécialistes notent que l'investissement est difficilement dissociable de l'ensemble des actifs d'une firme.

L'imprécision dans le traitement des données de base génèrent automatiquement une imprécision dans l'évaluation des coûts de l'investissement et donc des recettes qu'il secrète.

Selon GL Shalke l'investissement est perçu comme une nouveauté pour l'entrepreneur. Donc par définition, l'acte répétitif que suggère l'application des probabilités est absent et par conséquent l'utilisation des probabilités dans la sélection des décisions d'investissement est supposée absolue.

c. L'interdépendance directe et indirecte des décisions d'investissement :

La décision d'investissement relève de la stratégie que compose l'entreprise à partir de son capital, de sa main d'œuvre, du progrès technologique adopté, de la composition du couple produit /marché, de la concurrence nationale et internationale. Cette décision ne peut être isolée de l'ensemble des facteurs suscités. Les décisions prises à quelque niveau que ce soit impliquent directement ou indirectement un ou plusieurs facteurs cités précédemment le choix s'opère par une analyse détaillée des différentes répercussions sur l'investissement concerné.

La stabilité du marché, la concurrence à un niveau acceptable, un niveau de la demande satisfaisante,... sont autant des facteurs quantitatifs et qualitatifs nécessaires à la prise de décision définitive, et tout changement à leur niveau engendrera sans aucun doute des changements dans le comportement de l'investisseur.

V. 1.4.L'ambiguïté des règles de choix :

L'hétérogénéité des critères en plus des comportements subjectifs, a montré une non concordance dans l'application des critères de sélection des investissements. Dans un article publié par N. Nussembaun, il est fait mention d'une enquête qu'a porté sur 40 entreprises françaises considérées comme représentatives dans les principaux secteurs d'automobile, qui a abouti à la description de trois comportements différents l'un de l'autre.

1-Une catégorie d'entreprises utilisent régulièrement des critères de sélection purement économiques mais en dehors de tout plan à moyen et long terme ;

2-Certaines entreprises choisissent leurs investissements au coup par coup sans recourir à un plan ni à des critères économiques ;

3-D'autres entreprises ont choisi d'utiliser systématiquement des critères économiques intégrés dans un système de planification.

L'enquête conclut 45% des entreprises n'emploient ni actualisation ni critères économiques. Parmi elle 60% raisonnent en économie annuelle (plan annuel à court terme) et

40% raisonnent en période de remboursement ou en délai de récupération du capital investi. Dans les 55% des entreprises restantes, 40% utilisent des critères se basant sur l'actualisation de manière systématique et enfin 15% seulement ont une approche précise de l'évaluation.

L'autre précise que l'actualisation des critères économiques par les entreprises suscitée est due à plusieurs facteurs :

- 1-Des entreprises produisent des biens diversifiés.
- 2-Des entreprises de grandes tailles, plus précisément des multinationales :
- 3-Des entreprises concurrentes et très exposées à la concurrence nationale et internationale.
- 4-Des entreprises qui possèdent plusieurs filiales et divisions.

V.2 . Les difficultés de la décision financière d'investissement ;[Bernard Colasse 1993, p494-521]

Le calcul financier d'investissements comporte d'embûches qu'il n'est pas toujours aisé d'éviter ou de contourner.

V.2 .1.La prise en considération du temps :

L'intégration du facteur temps dans le raisonnement financier d'investissement s'effectue grâce à l'actualisation sont choses relativement simples, sa mise en œuvre pose un problème crucial à l'investisseur, celui de l'adoption du taux d'actualisation qu'il utilisera ; le problème est crucial car la décision qui sera prise peut être très sensible au taux choisi.

La réflexion théorique sur le choix du taux d'actualisation fait l'objet d'une littérature ambiante inspirée par la pensée économique néo-classique. Sous les hypothèses de cette théorie, un univers certain et dans le contexte d'un marché financier parfait sur lequel l'entreprise pourrait prêter et emprunter à un taux r , c'est ce taux, le coût de l'argent ou coût du capital, qui devrait être adopté comme taux d'actualisation, ce qui signifie que l'entreprise n'a pas de stratégie, d'autonomie de comportement, et se borne à interroger dans ces calculs d'investissements une préférence collective pour le présent définie à l'extérieur d'elle-même. Ceci est conforme à une théorie, celle néo-classique, pour laquelle l'entreprise est d'avantage un instrument qu'un objet d'analyse.

La pratique en ce domaine, conformément aux imperfections des marchés financiers et à l'incertitude, est beaucoup plus hésitante que la théorie [Parès 1976].

Certaines entreprises le plus souvent cotées en Bourse, à défaut de pouvoir se référer au coût de l'argent défini sur un marché parfait, tentent dans une certaine mesure de suivre les

prescriptions néo-classiques en utilisant comme taux d'actualisation le coût, moyen ou marginal, de leur propre financement. En ce choisissant par exemple que des investissements dont la valeur actuelle nette, calculée à l'aide d'un taux égal à leur coût de financement est positive, ces entreprises visent à maximiser la richesse de leurs actionnaires.

Mais de nombreuses entreprises recourent à des substances très diverses. Par exemple, elles utilisent comme: taux d'actualisation le taux qui exprime soit leur responsabilité moyenne d'exploitation, soit la rentabilité moyenne d'exploitation des entreprises du secteur auquel elles appartiennent tout d'abord, il faut définir très précisément le ratio de rentabilité moyenne utilisé ; en principe, dans la mesure où les projets sont définis par leurs cash-flows d'exploitation, c'est cette même notion qui devrait être retenue pour exprimer la rentabilité moyenne de l'entreprise ou de son secteur ; secondo, se référer à un taux moyen éventuellement bas, peut être en contradiction avec des objectifs, de rentabilité ambitieux ; enfin, la rentabilité moyenne d'exploitation peut être inférieure au coût marginal du financement des projets étudiés.

Ou elles utilisent le taux de rémunération des emprunts, d'autres le taux de Plan...

V.2.2.La prise en considération du risque :

Indépendamment des risques que l'entreprise affronte globalement (le risque de crise économique...) et qui peuvent causer sa disparition et donc l'échec de tous ses investissements, le risque propre à un projet d'investissement considéré isolément dépend, entre autres variables de sa durée (encore qu'un projet de longue durée ne soit pas nécessairement plus risqué qu'un projet de courte durée), de sa nature (un investissement de remplacement, sauf qu'il repose sur une technique nouvelle, est généralement moins risqué qu'un investissement d'expansion), de sa « rentabilité » (l'existence d'emplois alternatifs pour le bien investi diminue le risque), de sa divisibilité (un parc de camions qui s'avère a posteriori trop important peut être réduit), de son contexte de réalisation (la création d'une usine est plus ou moins risquée selon la situation politique du pays d'implantation).

A défaut de pouvoir éliminer ces différentes sources de risque, il convient de les prendre en considération et de s'efforcer de mesurer leur incidences sur la valeur, au sens général du terme, du ou des projets (s) étudiés (a) c'est ce que la littérature spécialisée, depuis déjà de longues années, propose de faire grâce aux nombreuses méthodes statistiques et mathématiques de traitement de l'incertitude.

a. Le recours au calcul des probabilités : [David Hertz, 1964]

Lorsqu'il est possible de probabiliser les cash-flows d'exploitation d'un projet, on peut également probabiliser les critères. Ainsi, on peut calculer l'espérance mathématique $E(VAN)$ et l'écart type $\sigma(VAN)$ de la valeur actuelle nette d'un projet.

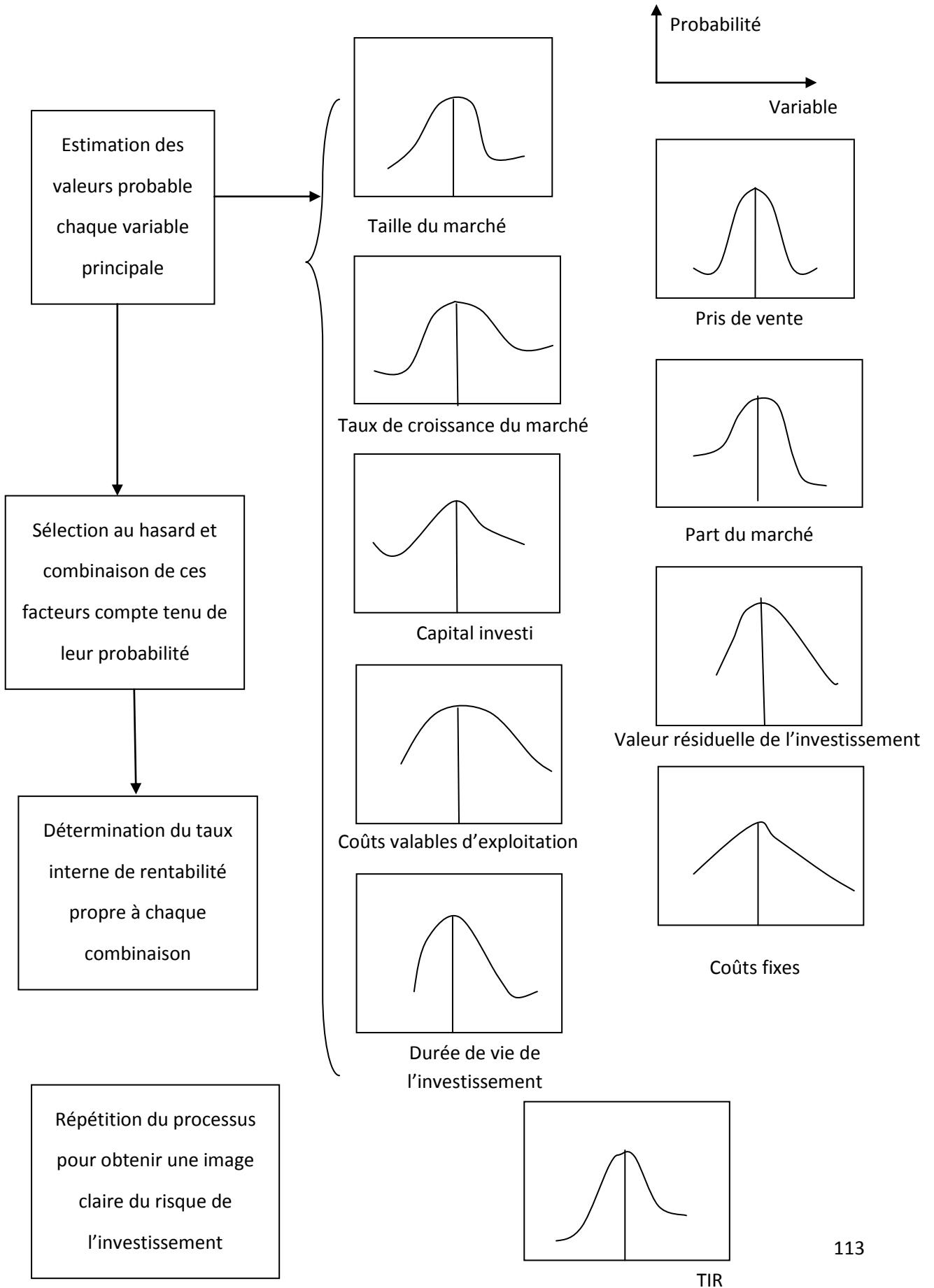
Le problème principal posé par une telle approche est évidemment celui de l'estimation des distributions de probabilités des différents paramètres des projets étudiées. Il est en ce domaine impossible de formuler des probabilités objectives qui seraient fondées sur l'observation antérieure d'un phénomène répétitif. On est donc amené à définir chaque paramètre des projets par un éventail de valeurs vraisemblables que les responsables s'appuyant sur leur expérience personnelle et leur connaissance de la situation, probabilité subjectivement. Il existe de nombreuses méthodes (Besse, Lequin, Teston, 1979, p333-339), individuelles ou de groupe, permettant de probabiliser les intuitions des responsables.

C'est David Hertz qui eut le premier (1964) l'idée d'utiliser la simulation pour aborder les problèmes d'investissement en situation d'incertitude et, à titre d'illustration, nous allons présenter sa méthode.

Cette méthode s'applique à l'étude d'un investissement d'expansion et se déroule comme suit : **(figure 18)**

-Il convient tout et d'abord d'identifier les principales variables ou paramètres :

Figure 18: La simulation d'un projet d'un projet d'investissement



Les susceptibles d'influer sur la rentabilité du projet étudié. Dans l'exemple qu'il traité, Hertz en retient neuf qu'il suppose indépendants : la taille du marché, le prix de vente, de taux de croissance su marché, la part de marché de l'entreprise, le montant du capital investi, la valeur résiduelle de l'investissement, les coûts variables d'exploitation, les coûts fixes, la durée de vie de l'investissement.

Il faut ensuite établir, objectivement ou subjectivement, les distributions de probabilité de chacune de ces variables. On peut en principe représenter graphiquement les distinctions.

Il s'agit enfin de choisir au hasard, comme à la roulette (technique de Monte-Carlo), une valeur pour chacun des paramètres et d'effectuer à partir des neuf valeurs de calcul du critère utilisé (taux interne de rentabilité ou valeur actuelle nette). L'opération est répétitive jusqu'à ce que l'on dispose d'une représentation statistique du critère qui permette notamment de déterminer son espérance mathématique et son écart type.

b. Le recours à la théorie des jeux :

Il est fréquent que le futur d'un projet soit inconnu, simplement, non probabilisable, c'est le cas lorsque le (ou les) projet (s) doi(ven)t provoquer des réactions des entreprise concurrentes.

Considérons avec Besse, Lequin et Teston (1976, 340-342) le cas simplifié d'une grande entreprise, produisant des biens de consommation et placé en situation d'oligopole ; elle assure 20% du marché, les 80% restants se partagent plusieurs concurrents de taille comparable. Pour accroître sa part de marché, elle envisage trois stratégies d'investissement ; le lancement d'un produit nouveau (S_1), une campagne publicitaire diversifiée (S_2), la mise une politique de prix (S_3). La réaction de la concurrence pourra être forte (R_1), moyenne (R_2), ou faible (R_3). On peut calculer le résultat de chaque stratégie pour chacune des réactions possibles de la concurrence et construire ainsi la matrice de tous les résultats (ou valeurs actuelles nette) possibles.

Tableau 7 : le recours à la théorie des jeux : une matrice de décision

Stratégies (S_j)	Réactions possibles (R_i)		
	R_1 violente	R_2 moyenne	R_3 faible
(S_1) Lancement d'un produit	-800000	700000	1500000
(S_2) Campagne publicitaire	-200000	500000	1300000
(S_3) Politique prise	-100000	500000	1100000

A ce stade la décision sera fonction de l'attitude des dirigeants face au risque ; des dirigeants prudents choisissant par exemple de mettre en œuvre la politique de prix (S_3) qui

minimise les pertes possibles (critère dit minimax de Wald) ; des dirigeants hardis choisiront au contraire le lancement d'un produit nouveau (S_1) susceptible de permettre le gain le plus élevé... Finalement la théorie des jeux renvoie dont le décideur aux objectifs de l'entreprise et, à travers ceux-ci, probablement à ses propres motivations.

c. Le repli sur des méthodes empiriques :

A l'issue de cette section consacrée à la prise en compte de l'incertitude, il nous faut constater les limites pratiques des méthodes statistiques et mathématiques couramment proposées dans la littérature. Ce qui peut expliquer le repli souvent observé (et regretté par le théoricien) du praticien sur des méthodes empiriques comme celle dites de la prime de risque et des équivalents certains.

La méthode de la prime de risque consiste à augmenter subjectivement le taux d'actualisation qui comprend donc un taux de base dit sans risque et un élément supplémentaire, la prime de risque. Dans cette méthode, on suppose les cash-flows certains.

La méthode, des équivalents certains consiste à minorer, toujours subjectivement, les cash-flows d'exploitation des projets étudiés, à leur substituer en quelque sorte des équivalents certains. Ainsi, un cash-flow de 4000 sera remplacé par un équivalent certain de 3000. Dans cette méthode, le taux d'actualisation n'intègre que le coût du financement.

V.2.3.La prise en considération de l'inflation :

Il est évident que la sélection financière des projets d'investissement ne peut éviter de tenir compte, au moins implicitement, des effets de l'inflation lorsqu'elle atteint des taux élevés. Analysons le problème en termes de valeur actuelle nette.

Le taux d'inflation varie généralement d'une période sur l'autre, et, d'autre part, parce que les différents encaissements et décaissements au cours d'une même période ne subissent pas de la même façon l'inflation. La non-prise en considération de l'inflation pourrait conduire une entreprise à réaliser des projets non rentables.

Toutefois, le traitement analytique de l'inflation n'est pas, comme le montre cette application, sans difficultés et sans ambiguïté : la précision de taux d'inflation reste chose très délicate et, par ailleurs, est-il réaliste de prétendre définir un taux hors inflation ? si ce taux hors inflation est par exemple le coût du financement du projet étudié, peut-on prétendre qu'il soit entièrement libre d'inflation.

V.2.4. Les problèmes d'interprétation :

L'équation des problèmes de comparabilité et de conflits de critère, n'est autre qu'une des facettes des difficultés théoriques et pratiques rencontrées par le calcul d'investissement.

a. Les problèmes de comparabilité : les alternatifs incomplets :

Des projets peuvent être concurrents ou incompatibles sans pour autant être rigoureusement comparables ; trois cas d'alternatives incomplètes, comme on dit, sont possibles :

. Les projets ont la même durée de vie mais entraînent des dépenses initiales différentes ; Pour y voir plus claire, il faudrait considérer les différents emplois possibles (autre projets renforcement du fonds de roulement, remboursement d'emprunt, placement...), déterminer leur valeur actuelle nette. La comparaison pourrait alors se faire entre, d'une part, le premier projet et, d'autre part, le deuxième projet (dépenses initiales minimales) et un projet complémentaire correspondant à la différence des montants. Une telle solution n'est cependant guère facile à mettre en œuvre. Aussi propose-t-on quelque fois une solution plus commode consistant à raisonner sur l'indice de rentabilité, mesuré par le rapport entre la valeur actuelle des cash-flows et la dépense initiale, et indiquant le nombre d'unités monétaire procuré par 1 unité monétaire de capital investi. Malheureusement, ce choix n'est pas plus satisfaisant que celui fondé sur la valeur actuelle nette car il suppose que la différence de 2000 entre le coût d'un premier projet et le coût d'un deuxième est le même indice de rentabilité du deuxième. La seule véritable solution au problème est la prise en compte d'un emploi complémentaire.

. Ils entraînent la même dépense initiale mais ont des durées de vie différentes.

. Ils diffèrent tant par leur coût que par leur durée de vie.

Le choix entre de tels projets, en fonction des critères que nous avons évoqués, fait problème et il n'y a pas d'accord absolu sur la solution.

Outre qu'elle permet de traiter le problème du choix entre projets concurrents de durées de vie inégales, cette solution présente de plus, l'avantage de traiter celui d'éventuelles divergences de classement selon que l'on utilise la valeur actuelle nette ou le taux interne de rentabilité.

b. Les conflits de critères :

S'il paraît normal des critères qui expriment des objectifs différents de l'entreprise, c'est le cas, nous l'avons vu, de la valeur actuelle nette qui est un critère de rentabilité et du délai de récupération qui est un caractère de liquidité, suggèrent parfois des décisions divergentes, il est paradoxal que des critères ceux expriment les mêmes préoccupations se

contredisent : c'est pourtant ce que l'on peut observer lorsque l'on utilise simultanément la valeur actuelle nette et le taux interne de rentabilité, critères qui portant sont tous réputés exprime la rentabilité des projets. Certes, il est possible d'expliquer et de traiter analytiquement ces conflits de critères mais ils n'en sont pas moins des obstacles à l'interprétation des chiffres.

- Confrontation de la valeur actuelle nette et de l'indice de rentabilité :

Nous avons vu que ces deux critères procèdent tous deux d'une comparaison entre la valeur actuelle de la suite des cash-flows d'exploitation d'un investissement et le coût de cet investissement. L'application de ces critères à des décisions de choix peut conduire à des classements divergents.

Chaque fois donc que les ressources de l'entreprise sont limitées, le critère qui lui permettra de choisir la combinaison de projets la plus rentable est l'indice de rentabilité. Toutefois, le problème du choix sous contrainte de financement d'un ensemble optimal de projets indépendants peut être formulé en termes de valeur actuelle nette à la programmation linéaire (Weingartner, 1963 ;Thiriez, 1977, 72-73).

- Confrontation de la valeur actuelle nette et du taux interne de rentabilité :

Ces deux critères conduisent aux mêmes décisions d'acceptation ou de rejet, mais peuvent conduire à des classements divergents : S'il s'agit de choisir entre plusieurs projets concurrents, les décisions déduites de l'application de ces deux critères peuvent diverger.

Considérons deux projets conventionnels, A et B, dont les courbes de valeur actuelle nette se coupent en un point P (figure) ; ce qui signifie que pour une valeur a_{AB} du taux d'actualisation-que l'on appelle tantôt taux pivot, tantôt taux d'indifférence- les deux projets ont même valeur actuelle et sont donc équivalents :

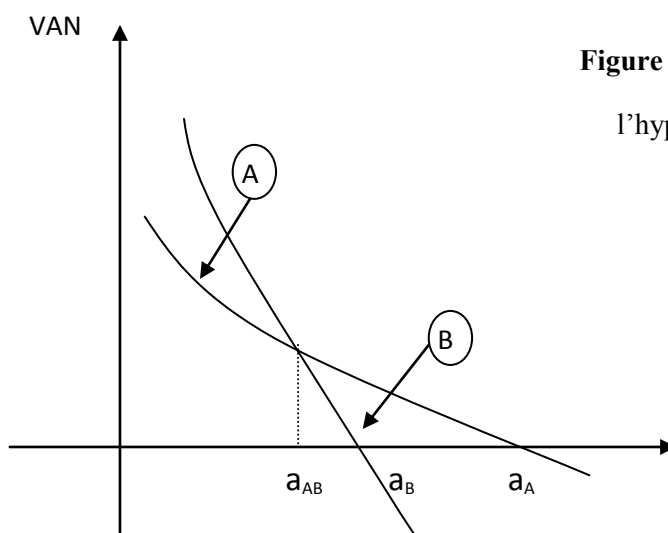


Figure 19 : L'origine de divergence :
l'hypothèse de réinvestissement

Cette figure montre que q_i l'investissement se réfère au taux interne de rentabilité, il est amené à opter pour le projet A puisque $a_A > a_B$.

Mais s'il compare les valeurs actuelles des deux projets, il lui faut distinguer deux cas selon qu'il choisit un taux d'actualisation supérieur ou inférieur à a_{AB} , il doit choisir A ; par contre, si son taux d'actualisation est supérieur à a_{AB} il doit choisir B décision inverse de celle déduite de l'application du taux interne de rentabilité.

c. L'origine de la divergence : L'hypothèse de réinvestissement:

La formalisation mathématique de la valeur actuelle nette suppose implicitement que les cash-flows du projet étudié soit réinvestis jusqu'à la fin de sa durée de vie au taux d'actualisation choisi. De même, la définition du taux interne de rentabilité suppose implicitement que les cash-flows du projet soient réinvestis à ce taux. Les deux critères reposent donc sur une hypothèse de réinvestissement des cash-flows mais ce réinvestissement se fait à des taux d'actualisation est l'hypothèse la plus plausible ; ce qui revient à considérer que la valeur actuelle nette est le critère le plus fiable. La solution consiste à expliciter cette hypothèse sur la base d'un taux r de réinvestissement et à calculer un taux interne de rentabilité global ou une valeur actuelle nette globale.

d. Taux interne de rentabilité global et valeur actuelle nette globale :

Le délai de récupération comme approximation du taux interne de rentabilité :

Sous certaines conditions, l'inverse du délai de récupération pouvait servir d'approximation intéressant, que nous allons maintenant préciser entre un critère a temporel et un critère fondé sur l'actualisation.

Considérons un projet dont on attend une suite de cash-flows d'exploitation tous égaux (C).

Le taux interne de rentabilité a_0 de ce projet est, par définition, tel que :

$$I = C(1+a_0)^{-1} + C(1+a_0)^{-2} + C(1+a_0)^{-3} + \dots + C(1+a_0)^{-n}$$

Soit donc, puisque la deuxième membre de la relation qui précède est la somme des termes d'une progression géométrique de n termes, de premier terme $C(1+a_0)^{-1}$, de raison $(1+a_0)^{-1}$:

$$I = C(1+a_0)^{-1} \frac{1-(1+a_0)^{-n}}{1-(1+a_0)^{-1}} = C \frac{1-(1+a_0)^{-n}}{a_0}$$

D'où =

$$a_0 = \frac{C}{I} - \frac{C}{I} (1+a_0)^{-n}$$

Nous remarquons que C/I n'est autre chose qu'une expression du taux moyen de rentabilité et de l'inverse du délai de récupération.

On peut donc effectivement « approximer » le taux interne de rentabilité d'un projet dont les cash-flows ont constants soit par son taux moyen, soit par l'inverse de son délai de récupération.

Plus le coefficient d'actualisation $(1+a)^{-n}$ est faible, meilleure est l'approximation ; cette approximation s'améliore à mesure que a_0 et n , la durée de vie économique du projet, croissent. Ainsi si a_0 est a priori voisin de 15% et n égal à 20, $(1,15)^{-20}$ égale 0,061 ; l'erreur commise en approximant a_0 par CIT est faible puisque de l'ordre de 6%.

D'un point de vue pratique, la rigueur des conditions de cette approximation il faut que les résultats soient égaux et la durée de vie du projet relativement longue- en atténue l'intérêt. Mais elle peut constituer une première étape de la détermination par interprétation du taux interne de rentabilité.

Mais son intérêt véritable est peut-être essentiellement théorique. La fait que l'on puisse, sous certaines hypothèses (mêmes contraignantes), rapprocher le taux interne de rentabilité est un critère de rentabilité immédiate. On a d'ailleurs remarqué (Le Sourné, 1968,144) qu'il tend à favoriser les projets qui rapportent rapidement, le plus souvent des projets légers, au détriment dont les cash-flows sont plus étalés dans le temps.

V.2.5. Le recoure à l'analyse multicritère :

Compte tenu des conflits de critères que nous venons d'évoquer, l'analyste a intérêt à utiliser simultanément plusieurs critères de façon à détecter ces conflits et à leur donner un sens par référence aux objectifs généraux de l'entreprise ainsi que par référence aux objectifs particuliers qu'elle poursuit à travers le (ou les) projet (s) à l'étude. Il se trouve donc conduit à mener une analyse multicritère. Outre les critères purement quantitatifs, il peut d'ailleurs utiliser des critères plus qualitatifs tant il est vrai qu'un investissement ne peut être considéré que globalement en fonction de sa contribution à la stratégie de l'entreprise.

Conclusion :

Le recour à l'analyse multicritère est devenu une nécessité et ce à cause de la nature multicritère des problème de décision en finance, une nature qui n'a pas pu être appréhender par une analyse monocritère ou encore classique, cette incapacité est due au fait que la perception du risque y est réduite à sa dimension probabiliste niant ainsi les diverses sources d'influences qui affectent le rendement et donne au risque son caractère multidimensionnel.

Chapitre VI : L'aide à la décision multicritère en finance :

Introduction :

Ce chapitre met l'accent sur quelques problèmes en finance qui ont un caractère multicritère, tel que la prédiction de faillite, le risque crédit et la constitution du portefeuille d'action (cette dernière qui fera l'objet d'une étude de cas) de la il évoque quelques études existantes en matière de résolution les problématiques en finance susmentionnées par le biais de méthodes multicritères.

VI.1. Quelques problèmes multicritère en finance [Micheal Doumpos and all. 2004,159-222] :

VI.1.1. Prédiction de faillite :

L'intérêt porté à l'analyse de la performance et la viabilité de l'entreprise en cours d'examen a été exploré par des chercheurs, de différents points de vue, considérant les différentes formes de détresse financière, y compris par défaut, d'insolvabilité et de faillite. Essentiellement, le terme «faillite» se réfère à la fin de l'opération de l'entreprise après un dépôt de bilan en raison de difficultés financières sévère de l'entreprise à honorer ses obligations financières envers ses créiteurs. Les autres formes de détresse financière ne conduit pas nécessairement à la terminaison de l'opération de l'entreprise [Altman (1993), et Zopounidis Dimitras (1998)]. Les conséquences de la faillite ne se limitent pas aux individus, entreprises ou organisations qui ont une relation établie avec l'entreprise en faillite; ils s'étendent souvent à tout l'environnement économique et social du pays ou de la région. Par exemple, les pays en développement sont souvent très vulnérables aux faillites d'entreprises, par ailleurs, compte tenu de la mondialisation de l'environnement économique, il devient clair qu'une telle affaire peut aussi avoir des implications mondiales. Ceci démontre la nécessité de développement et de mise en œuvre des procédures efficaces pour la prédiction de faillite, ces procédures sont nécessaires pour les institutions financières, investisseurs individuels et institutionnels, ainsi que pour les entreprises elles-mêmes et même pour les décideurs (par exemple, des agents du gouvernement, les banques centrales, etc.).

L'objectif principal des procédures de prédiction de défaillance est de discriminer les entreprises qui sont susceptibles de faillite de celles saines. C'est un problème de classification en deux groupes. On assiste souvent à l'ajout d'un groupe supplémentaire (un troisième groupe) : le groupe international Amy comprend des entreprises pour lesquelles il est difficile de tirer une conclusion claire, certains chercheurs les ont placé (un tel groupe de sociétés

intermédiaires) dans la catégorie des sociétés en détresse, malgré ça ces mêmes sociétés ont finalement survécu grâce à des plans de restructuration (Theodossiou et al., 1996).

La classification des entreprises en groupes en fonction de leur risque de faillite est généralement effectuée sur la base de leurs caractéristiques financières en utilisant les informations obtenues par les déclarations financières disponibles (tel que bilan et compte de résultat). Les ratios financiers calculés par les comptes des états financiers sont les critères les plus largement utilisés dans la prévision de défaillance. Néanmoins, la prédiction de faillite sur uniquement la base de ratios financiers a été critiquée par plusieurs chercheurs (Dimitras et al, 1996. Laitinen, 1992). Les critiques ont porté principalement sur le fait que les ratios financiers ne sont que les symptômes des problèmes d'exploitation et de financement que l'entreprise fait face plutôt que la cause de ces problèmes. Pour pallier cet inconvénient, plusieurs chercheurs ont noté l'importance de considérer les informations qualitatives supplémentaires en prévision de défaillance. Ces informations qualitatives implique des critères tels que la gestion des entreprises, leurs organisation, les tendances du marché, leurs avantages concurrentiels particuliers, etc. (Zopounidis, 1987). Toutefois, ces informations ne sont pas accessibles au public et par conséquent assez difficiles à rassembler. Cette difficulté justifie le fait que la plupart des études existantes sur la prédiction de faillite ne sont basées que sur des ratios financiers. Les premières approches utilisées pour la prédiction de faillite ont été empiriques. La plupart des approches bien connues de ce type comprennent la «méthode des 5 C" (caractère, des capacités, le capitale, conditions de couverture), la méthode "labo" (liquidité, activité, rentabilité, potentiel), et la méthode de "Creditmen" (Zopounidis, 1995). Plus tard, plus sophistiquée des approches statistiques univariées ont été introduites dans ce domaine, ces approches étudient le pouvoir discriminant des ratios financiers en distinguant les entreprises en faillite de celles saines (Beaver, 1996).

Toutefois, la poussée réelle dans le domaine de la prédiction de faillite a été donné par les travaux de Altman (1968) sur l'utilisation de l'analyse discriminante linéaire (LDA), certains chercheurs pensaient au développement d'un modèle de prédiction de faillite et ce par l'exploration de techniques statistiques et économétriques. Certaines études incluent les caractéristiques des travaux de Altman et al. (1977) sur l'utilisation de QDA (l'analyse discriminante quadratique), les travaux de Jensen (1971), Gupta et Huefner (1972) sur l'analyse typologique, les travaux de Vranas (1992) sur le modèle de probabilité linéaire, les mots de Martin (1977), Ohlson (1980), Zavgren (1985), Peel (1987), Keasey et al. (1990) sur l'analyse logit, les œuvres de Zmijewski (1984), Casey et al. (1986), Skogsvik (1990) sur l'analyse probit, les travaux de Luoma et Laitinen (1991) sur l'analyse de survie, et les travaux

de Scapens et al. (1981) sur la théorie des catastrophes. Au cours des deux dernières décennies de nouvelles approches non paramétriques ont attiré l'intérêt des chercheurs dans le domaine. Ces approches comprennent entre autres, la programmation mathématique (Gupta et al, 1990.), les systèmes experts (Elmer et Borowski, 1988; Messier et Hansen, 1988), l'apprentissage machine (Frydman et al, 1985.), les ensembles approximatifs (Slowinski et Zopounidis, 1995; Dimitras et al, 1999), les réseaux de neurones (Wilson et Sharda, 1994; Boriz et Kennedy, 1995), et MCDA (Zopounidis, 1987; Andenmatten, 1995; Dimitras et al, 1995; Zopounidis et Dimitras, 1998). Les résultats de ces études ont montré que les nouvelles approches susmentionnées sont bien adaptées au problème de la prédiction de faillite, fournissant des résultats satisfaisants par rapport à la faillite de statistiques et de techniques économétriques.

Parmi les ratios financiers considérés (Tableau 9), les quatre premiers ratios mesurent la rentabilité des entreprises. Des valeurs élevées de ces ratios correspondent à des entreprises rentables. Ainsi, tous ces ratios sont négativement liés à la probabilité de faillite. Les ratios financiers actifs circulants / dettes à court terme (G5) et rapide des actifs / passifs (G6) impliquent la liquidité des entreprises, ils sont couramment utilisés pour prédire la faillite (Altman et al, 1977; Gloubos et Grammaticos, 1988; Zavgren, 1985; Keasey et al, 1990; Theodossiou, 1991; Theodossiou et al, 1996). Les entreprises ayant suffisamment d'actifs liquides (actif circulant) sont en meilleure position de liquidité et sont plus aptes à répondre à leurs obligations à court terme envers leurs créanciers. Ainsi, ces deux ratios (G5 et G6) sont négativement liés à la probabilité de faillite. Les rapports restants sont liés à la solvabilité des entreprises et leur gestion du fonds de roulement. Des valeurs élevées sur des ratios G7 et G11 (ratios de solvabilité) indiquent l'endettement grave, dans ce cas, les entreprises doivent générer plus de revenus pour remplir leurs obligations et rembourser leur dette. Par conséquent ces deux ratios sont liés positivement à la probabilité de faillite. Les ratios G8, G10 et G12 sont liés à l'efficacité de la gestion du fonds de roulement des entreprises. Généralement, plus le fonds de roulement d'une entreprise est élevé et il devient moins probable que cette entreprise fasse faillite. À cet égard, les ratios G8, G9 et G12 sont négativement liés à la probabilité d'une faillite, tandis que le ratio G10 est positivement lié à la faillite (les inventaires sont souvent difficiles à liquider et par conséquent une entreprise détenant une part importante de l'inventaire est susceptible de rencontrer des problèmes de liquidité).

Tableau 8: Liste des ratios financiers utilisés pour la prédiction de faillite

Ratio	Mode de calcul
G1	Bénéfice net / Bénéfice brut
G2	Profit brut / Total de l'actif
G3	Revenu net / total des actifs
G4	Bénéfice net / Net Worth
G5	Actif Courant / Passif à court terme
G6	Actifs courant / Passif courant
G7	Total Actif / Total Passif
G8	Net Worth / (Net Worth + à long terme libilities)
G9	Résultat net / Immobilisations nettes
G10	Les stocks / Fonds de roulement
G11	Passif à court terme / actif total
G12	Fonds de roulement / Résultat net

Source : Micheal Doumpos and all. 2004,op. cit, p200

Bien sûr, les différents secteurs d'activité sont censés avoir des caractéristiques financières différentes, présentant ainsi des différences dans les ratios financiers qui sont employées. Certains chercheurs ont examiné les effets de l'industrie sur les modèles de

prévision de défaillance, en ajustant les ratios financiers aux moyennes du secteur. Cependant, les résultats obtenus sont controversés. Platt et Platt (1990) ont conclu que la prédiction de faillite à partir d'un modèle de prévision ajusté est mieux perçue qu'avec un non ajusté, Theodossiou (1987) n'a trouvé aucune différence essentielle. Par ailleurs, Theodossiou et al. (1996) soutiennent que les modèles de l'industrie ou le temps ajusté supposent implicitement que les taux de faillites d'entreprises sont homogènes dans toutes les industries (et dans le temps), une hypothèse qui n'est guère vérifiée. Sur cette base, aucun ajustement pour le secteur industriel n'est en cours sur les ratios financiers sélectionnés. Il existe deux types d'erreur. L'erreur de type I se réfère à la classification des entreprises en faillite comme celles saines, tandis que l'erreur de type II se réfère à la classification des entreprises saines comme celles en faillite. Généralement, l'erreur de type I conduit à la perte de capital (par exemple, l'entreprise qui fait faillite ne peut pas remplir ses obligations de dette envers ses créanciers), tandis que le coût de l'erreur de type II a la forme d'un coût d'opportunité (par exemple, le créancier perd la possibilité d'acquérir des recettes de l'octroi de crédit à une entreprise en bonne santé). En ce sens, il est évident que l'erreur du type I est beaucoup plus important que l'erreur de type II. Altman (1993) soutient que l'erreur du type I pour les banques aux Etats-Unis est d'environ 62% du montant des prêts accordés, alors que l'erreur de type II est à seulement 2% (la différence entre un placement sans risque et le taux d'intérêt du prêt). Cependant, pour l'obtention d'une bonne mesure du classement général, il est nécessaire de considérer à la fois le coût des types d'erreur individuelles, et la probabilité a priori qu'une erreur d'un type spécifique peut se produire. En particulier, généralement, le nombre des entreprises saines est nettement plus grand que le nombre d'entreprises qui font faillite. Par exemple aux Etats-Unis, Altman (1993) note que les entreprises en faillite constituent environ 5% de la population totale des entreprises. Bien sûr, ce pourcentage varie de pays en pays et pour différentes périodes. Néanmoins, il donne une indication claire à propos de la probabilité qu'une entreprise ne fera pas faillite. Sur la base de ces remarques, il est raisonnable de soutenir que les deux erreurs de type I et de type II contribuera également à l'estimation de la moyenne des deux types d'erreur (Theodossiou et al. (1996) et Bardos (1998)).

Globalement, le taux de l'erreur de type I est plus élevé que le taux d'erreur de type II pour toutes les méthodes à la fois de base et d'échantillonnage d'exclusion. Généralement, le processus qui conduit une entreprise à la faillite est un processus dynamique et il ne peut être entièrement expliqué par l'examen des caractéristiques financières de l'entreprise. Au début de ce processus, les caractéristiques financières des deux types d'entreprises celles saines et

celles en faillite sont généralement similaires (Dimitras et al., 1998). Comme le temps évolue certains changements spécifiques dans l'environnement (interne et externe) dans lequel opère l'entreprise, tels que des changements dans la gestion de l'entreprise ou des changements dans le marché, peuvent conduire l'entreprise à faire face à des problèmes importants qui vont finalement conduire la à la faillite. Ainsi, les entreprises saines sont plutôt faciles à décrire que les entreprises en faillite, en fonction de leurs caractéristiques financières.

La conclusion ci-dessus a motivé des chercheurs à proposer la prise en compte de variables stratégiques qualitatives supplémentaires dans les modèles de prédiction de la faillite, y compris : les cadres (personnel qualifié) des entreprises, leur organisation, leurs position (des entreprises) dans le marché, etc (Zopounidis, 1987). En fait, comme l'a souligné M. Laitinen (1992) l'inefficacité des entreprises (leurs performances sur ces facteurs qualitatifs) est la vraie cause de la faillite, alors que la mauvaise performance financière n'est qu'un symptôme de la faillite plutôt que sa cause.

La collecte des données des variables qualitatives stratégiques (utilisées dans le développement de modèles de prévision de défaillance) est un processus difficile car elles ne sont pas publiquement disponibles aux chercheurs et aux analystes. L'exclusion de l'analyse de l'information est considérée comme l'une des principales raisons justifiant la performance faible de tous les modèles élaborés. Des résultats similaires ont été obtenus dans les études employant le même cadre méthodologique à des fins de prévision de défaillance (par exemple, l'utilisation de ratios financiers), indiquant ainsi que des informations supplémentaires qualitatives sont nécessaires pour effectuer une meilleure description du processus de prédiction de faillite.

Une autre forme d'information qui pourrait être utile pour la modélisation et l'estimation du risque de faillite implique les conditions économiques générales dans lesquelles les entreprises opèrent. L'environnement économique (par exemple, l'inflation, les taux d'intérêt, taux de change, fiscalité, etc.) a souvent un impact significatif sur la performance et la viabilité des entreprises existantes. A la conjoncture économique pourrait s'ajouter une quantité importante d'informations utiles à des fins de prévision de défaillance, notamment en cas de la vulnérabilité économique et des crises. Certaines études ont adopté cette approche (Rose et al, 1982. Foster, 1986).

Enfin, il serait utile de considérer le problème de prédiction de défaillance dans un contexte dynamique plutôt que statique. Comme déjà mentionné, la faillite est un événement

évolutif dans le temps. Par conséquent, il pourrait être utile d'envisager toutes les informations disponibles relatives à la faillite, afin de développer des modèles plus fiables d'alerte précoce pour la prédiction de la faillite. Kahya et Theodossiou (1999) ont suivi cette approche et ils ont modélisé le problème de prédiction de défaillance dans un contexte de séries chronologiques.

VI.1.2. L'évaluation du risque crédit :

L'évaluation du risque de crédit se réfère à l'analyse de la probabilité que le débiteur (entreprise, organisation ou individu) ne sera pas en mesure de respecter ses obligations de dette envers ses créanciers (par défaut). Cette incapacité peut être temporaire ou permanente. Ce problème est souvent lié à la prédiction de la faillite. En fait, les modèles de prévision de défaillance sont souvent utilisés dans le contexte de l'évaluation du risque de crédit. Toutefois, les deux problèmes sont légèrement différents: la faillite a principalement une interprétation juridique, plutôt que financière par défaut. En effet, la plupart des auteurs considèrent que l'entreprise est dans une situation de défaut de paiement lorsque la valeur comptable de son passif dépasse la valeur comptable de ses actifs (Altman, 1993).

La prédiction de la faillite implique simplement que les décisions d'évaluation doivent être prises dans un contexte plus large considérant les deux questions suivantes:

1. La perte estimée de l'octroi de crédit à une entreprise qui sera finalement en faillit par.
2. Le bénéfice estimé de l'octroi de crédit à une entreprise saine.

Le compromis entre les pertes estimées et les profits est une question clé pour décider de l'acceptation ou le rejet du crédit ainsi que pour le montant du crédit qui sera accordé. Dans ce contexte, le problème d'évaluation du risque de crédit peut être abordé dans un cadre à trois étapes (Srinivasan et Kim, 1987):

- Etape 1: estimation de la valeur actualisée des bénéfices attendus et les pertes pour chaque période de l'emprunt, sur la base de l'antériorité (antécédents de crédit) de la firme.
- Etape 2: combinaison de la valeur actualisée des bénéfices attendus / pertes avec les probabilités de défaut et non par défaut pour estimer la valeur actuelle nette de l'octroi du crédit.

- Étape 3: Si la valeur actuelle nette est négative, alors le crédit est rejeté, sinon il est accepté et le montant du prêt à accorder est déterminé.

L'implémentation de ce contexte suppose que le problème d'octroi de crédit (et par conséquent l'évaluation du risque de crédit) est un problème multi-période (étape 1). C'est vrai que la condition du remboursement de l'emprunt est effectué à travers une série de paiements d'intérêts (mensuels, semestriels) s'étendant sur une période de temps (habituellement plusieurs années). Durant cette période, l'établissement de crédit a la possibilité d'étendre sa coopération avec la firme. À cet égard, les bénéfices ne sont pas seulement issus de l'intérêt que l'entreprise paie pour le prêt, mais ils peuvent également être obtenus à travers la coopération élargie entre la banque et l'entreprise.

L'apport des techniques de classification dans la mise en œuvre du cadre ci-dessus est réalisé dans la deuxième étape impliquant l'estimation des probabilités de défaut et non par défaut. Par défaut est souvent suivie d'un dépôt de bilan, donc l'analyse présentée dans la sous-section précédente pour le développement de modèles de prédiction de faillite est similaire à celle utilisée souvent à des fins d'évaluation des risques de crédit. Néanmoins, il convient de souligner que ça ne signifie pas nécessairement qu'une entreprise fera faillite. Par exemple, une entreprise en défaut peut mettre en œuvre un plan de restructuration pour se remettre de ses problèmes et finalement pour éviter la faillite (Altman, 1993).

L'utilisation des techniques de classification pour l'évaluation du risque de crédit vise à développer des modèles qui assignent les entreprises en groupes, selon leur niveau de risque de crédit. Habituellement, deux groupes sont utilisés: le groupe des entreprises pour lesquelles le crédit doit être accordé et le groupe des entreprises dont le crédit doit être rejeté. La collecte des données requises pour l'élaboration du modèle d'évaluation de risque de crédit approprié peut être réalisée en utilisant le portefeuille des crédits existants de l'institution financière pour laquelle le développement du modèle a lieu. Le développement d'un tel modèle d'évaluation du risque de crédit fournit des avantages significatifs pour les institutions financiers (Khalil et al, 2000) :

- il introduit une base commune pour l'évaluation des entreprises qui ont besoin d'un financement. Les demandes de crédit sont, en général, évaluées de façon superficielle en particulier lorsque le montant du crédit est limité. L'implémentation pratique d'un modèle d'évaluation du risque de crédit permet l'utilisation d'un système d'évaluation commun, réduisant ainsi le péremptoire et la subjectivité qui caractérisent souvent les analyses individuelles de demandes de crédit.

- il constitue un guide utile pour la définition du montant du crédit qui pourrait être accordé (Srinivasan et KIM 1987).
- il réduit le temps et le coût de la procédure d'évaluation, qui pourrait être limité aux entreprises dont le risque de crédit est élevé. Une analyse plus poussée des applications de crédit de ces entreprises peut être réalisé entièrement par les analystes de crédit spécialisés.
- il facilite la gestion et le suivi du portefeuille de crédit dans son ensemble de l'institution financière.

Au niveau de la recherche, il ya eu une large utilisation des approches statistiques jusqu'à aujourd'hui. Une présentation analytique des applications pertinentes sont décrites dans le livre d'Altman et al. (1981). Il ya eu récemment une propagation des approches alternatives telles que l'apprentissage automatique et les systèmes experts (Cronan et al 1991; Tessmer, 1997; Matsatsinis et al, 1997.), les systèmes d'aide à la décision (Srinivasan et Ruparel, 1990; Duchessi et Belardo , 1987; Zopounidis et al, 1996;. Zopounidis et Doumpou, 2000b), les algorithmes génétiques et les réseaux de neurones (Fritz et Hosemann, 2000), l'analyse multicritère (Bergeron et al, 1996; Zopounidis et Doumpou, 1998; Jablonsky, 1993; Lee et al, 1995; Khalil et al, 2000), etc.

VI.1.3. L'évaluation des titres : la sélection et la gestion du portefeuille

La sélection et la gestion de portefeuille a été l'une des principales champs d'intérêt dans le domaine de la finance depuis près de 50 ans. En termes généraux, la sélection et la gestion de portefeuille consiste en la construction d'un portefeuille de valeurs mobilières (actions, obligations, bons du Trésor, fonds communs de placement, pensions, produits financiers dérivés, etc.) qui maximise l'utilité de l'investisseur. Le terme «construction d'un portefeuille" se réfère à l'allocation d'un montant connu de capital pour les titres en cours d'examen. Généralement, la construction du portefeuille peut être réalisée comme un processus en deux étapes:

1. Initialement, dans la première étape du processus, l'investisseur doit évaluer les titres disponibles, qui constituent des possibilités d'investissement sur la base de leurs perspectives d'avenir. Cette évaluation conduit à la sélection de jeu réduit composé des meilleurs titres. Considérant le grand nombre de titres qui sont aujourd'hui commercialisés dans les marchés financiers internationaux, l'importance de cette étape devient apparente. Il est très difficile pour l'investisseur d'être en mesure de gérer un

portefeuille composé d'un grand nombre de titres. Un tel portefeuille est assez rigide puisque l'investisseur devra être en mesure de recueillir et d'analyser une quantité énorme d'information quotidienne sur les titres en portefeuille. C'est un processus difficile et fastidieux. Par conséquent les mises à jour du portefeuille seront difficiles à effectuer (afin de s'adapter) puisque les conditions du marché évoluent rapidement. Par ailleurs, un portefeuille de valeurs mobilières impose des coûts de négociation qui sont souvent un facteur décisif dans les décisions d'investissement de portefeuille. Par conséquent, un ensemble compact de valeurs mobilières doit être formé à des fins de construction de portefeuille.

2. Une fois cet ensemble compact des meilleures valeurs mobilières est déterminé après l'évaluation de la première étape, l'investisseur doit décider de l'affectation du capital disponible à ces titres. La répartition doit être effectuée de telle sorte que le portefeuille qui en résulte réponde de la meilleure politique de l'investisseur, les buts et les objectifs. Étant donné que ces buts / objectifs sont souvent diversifiés dans la nature (certains sont liés au rendement attendu, alors que d'autres sont liés au risque du portefeuille), le portefeuille qui en résulte ne peut pas être une solution optimale, au moins dans le sens où le terme «optimal» a, dans le cadre d'optimisation classique, un seul objectif assumé. Au lieu de cela le portefeuille construit sera une solution satisfaisante, c'est à dire, un portefeuille qui répond de manière satisfaisante (mais pas nécessairement optimale) à tous les buts et objectifs de l'investisseur.

2. La mise en œuvre des deux processus (étapes précédentes) est basée sur la spécification claire de comment les termes «meilleurs titres» et «portefeuille satisfaisant» sont définis. La théorie des marchés financiers suppose que la politique de l'investisseur peut être représentée par une fonction d'utilité d'une certaine forme inconnue. Cette fonction est implicitement utilisée par l'investisseur dans sa prise de décision. Le pionnier de la théorie moderne du portefeuille, Harry Markowitz suppose que cette fonction d'utilité inconnue est une fonction de deux variables / critères: le rendement attendu du portefeuille et le risque de portefeuille (Markowitz, 1952, 1959). Ces deux critères définissent les deux principaux objectifs de la sélection de portefeuille et de sa gestion, à savoir: afin de maximiser le rendement attendu et minimiser le risque de l'investissement. Markowitz a proposé deux mesures bien connues statistiques pour considérer le rendement et le risque de portefeuille. Il a proposé l'utilisation d'une formulation de

programmation quadratique afin de spécifier un portefeuille efficient qui minimise le risque (la variance) pour un niveau donné de rendement (la moyenne).

Des exemples typiques des extensions faites dans le modèle moyenne-variance de Markowitz, notamment les modèles mono et multi-indice, les modèles de corrélation moyenne, les modèles mixtes, les modèles d'utilité, ainsi que les modèles basés sur la moyenne géométrique, sur la dominance stochastique, sur l'asymétrie d'Elton et Gruber (1995), tandis que Pardalos et al. (1994) fournissent une revue sur l'utilisation des techniques d'optimisation dans le choix et la gestion de portefeuille.

Généralement, les recherches existantes sur la sélection de portefeuille et les problèmes de gestion peuvent être organisés en trois grandes catégories:

1. Les études portant sur les caractéristiques des titres risque / caractéristiques de rendement

Ces études sont principalement menées par des chercheurs spécialisés en finance afin de préciser les déterminants du risque et du rendement dans les décisions d'investissement en valeurs mobilières. Les exemples les plus connus des études au sein de cette catégorie comprennent l'étude de Sharpe sur le modèle de tarification « capital asset » (CAPM; Sharpe, 1964), Ross dans son étude sur l'Arbitrage Pricing Theory (APT; Ross, 1976) et l'étude de Black et Scholes sur la valorisation des options (Black et Scholes, 1973).

Les études sur la modélisation mathématique (sous une forme fonctionnelle) et la représentation de la politique de l'investisseur agrègent tous les facteurs pertinents décrivant la performance des titres qui sont en conformité avec cette politique. Le modèle développé a généralement la forme d'une fonction d'utilité suivant le cadre général de la théorie du portefeuille, selon laquelle l'investisseur à l'intention de construire un portefeuille qui maximise son utilité. Ainsi, rendre explicite la forme de cette fonction d'utilité contribue de manière significative dans le choix et la gestion de portefeuille, à la fois comme un mécanisme d'évaluation de sécurité et comme un bien servant à la construction du portefeuille. Certaines études utilisent des méthodes d'ADMC (MCDA : modèle multicritère), caractéristique du modèle politique de l'investisseur dans les travaux de Saaty et al. (1980), Rios-Garcia et Rios-Insua (1983), Evrard et Zisswiller (1983), Martel et al. (1988), Szala (1990), Houry et al. (1993), Dominiak (1997), Hurson et Ricci (1998), Zopounidis (1993), et Zopounidis Hurson (1995,1996, 1997), Zopounidis et al. (1999). Un examen

complet de l'utilisation des techniques de l'ADMC dans le domaine de la sélection de portefeuille et de gestion est présenté dans le livre de Hurson et Zopounidis (1997) ainsi que dans les études de Spronk et Hallerbach (1997) et Zopounidis (1999).

2. Les études portant sur l'élaboration de méthodologies pour l'évaluation de la performance des titres

Ces études comprennent des études sur la prévision des prix des valeurs mobilières. L'objectif de cette approche, basé sur la prévision, est de développer des modèles qui seront en mesure de fournir des prévisions précises sur les prix futurs des titres. Etant donné que les prédictions fiables peuvent être obtenues à partir des séries chronologiques de données, l'investisseur peut choisir les titres avec la plus haute tendance ascendante et anticipé l'avenir de leur prix. Ces titres sont alors utilisés à des fins de construction de portefeuille.

Le développement de tels modèles de prévision est traditionnellement le centre d'intérêt majeur des chercheurs en économétrie et en statistiques. Néanmoins, récemment, l'intérêt pour l'utilisation de techniques d'intelligence artificielle a considérablement augmenté. Ceci est principalement dû à la flexibilité de ces techniques de modélisation et à la représentation de la complexité des marchés financiers en décrivant les mouvements des prix des titres et le comportement hautement (fortement) non-linéaire de ces marchés. Quelques exemples basés sur cette nouvelle approche, notamment les réseaux de neurones (Wood et Dasgupta, 1996; Trippi et Turban, 1996; Kohara et al, 1997;. Steiner et Wittkemper, 1997), l'apprentissage machine (Tam et al, 1991;. John et Lee et Kim, 1997), les systèmes experts (Lee et al, 1989;. Lee et Jo, 1999; Liu et Lee, 1997), théorie des ensembles flous (Wong et al, 1992. Jog et al., 1999). En ce qui concerne la contribution de ces nouvelles techniques dans le choix et la gestion de portefeuille, il est important de noter que leur utilisation n'est pas dictée uniquement par la recherche universitaire, mais plutôt ils sont devenus une pratique quotidienne des investisseurs du monde entier.

3. Les études sur le développement de méthodologies pour la construction du portefeuille.

Ces méthodologies suivent une perspective d'optimisation généralement dans un contexte multiobjectif. Ceci est conforme à la nature du problème de constitution de portefeuille. En effet, la constitution de portefeuille est un problème d'optimisation multiobjectif, même si elle est considérée dans le cadre moyenne-variance de Markowitz. C'est un problème d'optimisation à deux objectifs. Par ailleurs, considérant que le fait qu'à la fois le rendement

et le risque sont multidimensionnels, il est possible d'étendre le cadre traditionnel de travail moyenne-variance, afin que tous les risques pertinents et les facteurs de retour soient pris en compte. Le cadre de travail traditionnel moyenne-variance ne considère que le risque non systémique, alors que dans un cadre élargi du risque systémique (coefficient bêta) peuvent également être considérées (par exemple, la constitution du portefeuille avec un bêta pré-spécifié). Un tel cadre peut examiner toute optimisation but / objectif tel que perçu par les investisseurs et pas nécessairement en suivant une approche probabiliste tel que celui du modèle moyenne-variance. En fait, comme l'a noté Martel et al. (1998), mesurer le risque et le retour sur un contexte probabiliste n'est pas toujours conforme avec la perception des investisseurs de ces deux concepts clés. Cette conclusion a motivé plusieurs chercheurs à introduire des objectifs supplémentaires, objectifs dans le processus de constitution de portefeuille (par exemple, la valeur marchande, le rendement du dividende, le bénéfice net par action, ratio cours / bénéfices, etc.)

Suite à ce courant de recherche, la constitution de portefeuille peut être réalisée par des techniques de programmation mathématique multiobjective. Les études suivant cette approche ont été présentées par Lee et Chesser (1980), Nakayama et al. (1983), Rios-Garcia et Rios-Insua (1983), Colson et De Bruyn (1989), Tamiz et al. (1997), Zopounidis et al. (1998), et Zopounidis Hurson (1995,1996, 1997), Bertsimas et al. (1999), et Zopounidis Doumpos (2000).

L'utilisation des techniques de classification dans le processus de constitution du portefeuille discuté au début nécessite en premier lieu une estimation des actions, par exemple, dans le cas de l'évaluation des titres la plupart des analystes d'investissement et les institutions financières publient leurs travaux d'estimations sur la performance des titres de façon périodique sous la forme de recommandations telles que «acheter», «marché exécuter", etc. Smith (1965) a d'abord utilisé une méthode de classification (LDA) afin d'élaborer un modèle qui peut reproduire les recommandations de ces experts. Une étude similaire a été compilée par le blanc (1975). Certaines études plus récentes comme celles de C. Hurson et C. Zopounidis (1995, 1996, 1997), Zopounidis et al. (1999) emploient des méthodes de classification multicritère ELECTRE TRI et notamment UTADIS pour le développement de modèles de classification des titres en prenant en compte la politique de l'investisseur et ses préférences.

Bien sûr, sauf pour l'évaluation et la classification sur la base de jugements d'experts, d'autres systèmes de classification peuvent aussi être considérés. Par exemple, Klemkowsky

et Petty (1973) utilisaient LDA pour développer un modèle de classification des titres comme ceux classés dans les classes de risque sur la base de leur volatilité du rendement historique, ou ceux classés sur la base de leur rendement futur prévu, Jog et al. (1999) ont adopté cette approche et ont utilisé la théorie des ensembles rugueux pour développer un modèle fondé sur les données du passé pour classer les titres dans des classes en fonction de leur rendement futur prévu, comme les plus performants (les titres avec le rendement le plus élevé à venir), les titres intermédiaires et les titres faible (les titres avec le plus bas rendement prévu dans le futur). Une approche similaire a été utilisée par John et al. (1996) qui ont employé une méthodologie d'apprentissage automatique, alors que Liu et Lee (1997) ont développé un système expert qui fournit des recommandations d'achat et de vente (un système de classification à deux groupes) sur la base d'indicateurs d'analyse technique pour les titres (Murphy, 1995) .

Les résultats obtenus grâce à ces modèles de classification peuvent être intégrées dans un stade ultérieur de l'analyse avec une méthodologie d'optimisation (programmation par objectifs, la programmation multiobjectif) pour effectuer la constitution du portefeuille le plus approprié.

VI. 2. Les études antérieures (multicritère) en matière de constitution de portefeuille d'actions : (Christian Hurson et Constantin Zopounidis, 1997)

VI.2.1. Théorie de l'utilité multiattribut :

VI.2.1.1. L'étude de Saaty, Rogers et Pell (1980) :

Les auteurs étudient à la fois le problème de l'évaluation d'actions et celui de la détermination d'un portefeuille. La méthodologie proposée est celle de l'approche Analytic Hierarchy Process (AHP) due à Saaty (1980). Les auteurs considèrent que les actions doivent être comparées selon les critères qui influencent leurs prix et les objectifs de l'investisseur, et que les critères d'influence dépendent de facteurs globaux d'influence. De cette manière, ils définissent une hiérarchie dans les liens de causalité entre les actions, les objectifs (ou les critères d'influence) et les facteurs d'influence. Le modèle proposé par les auteurs comprend trois hiérarchies; une fondée sur les facteurs extrinsèques à la firme, une fondée sur les objectifs de l'investisseur. L'AHP consiste à pondérer selon leur importance, pour chaque hiérarchie, les facteurs puis les critères d'influence; pour obtenir une pondération et un rangement des firmes, ainsi que la proposition de chaque firme sélectionnée dans le

portefeuille. On notera l'effort important effectuée pour utiliser tous les facteurs d'influence. Cependant, l'effort demandé à l'investisseur est très important, ce qui ne peut que limiter le nombre d'actions examinées. L'AHP est de nature descriptive.

VI.2.1.2. L'étude de Evrard et Zisswiller (1983)

L'étude du problème s'articule autour de l'évaluation des actions et la méthodologie proposée est celle de la théorie de l'utilité multiattribut. Le but de cet article est de montrer comment il est possible de mettre au point des modèles qui lient les attributs des actions aux préférences de l'investisseur. Les auteurs décident d'utiliser les quatre critères les plus couramment utilisées par un groupe de vingt-deux investisseurs : le rendement, le risque, le PER et le bénéfice par actions. Deux approches ont été utilisées. Dans la première, fondée sur seize actions fictives bien différenciées, les préférences des investisseurs sont étudiées en estimant les points relatifs et les fonctions d'utilités partielles de chaque critère. Dans la seconde, basée sur vingt actions réelles du marché français, le poids de chaque attribut est estimé à partir de préférences exprimées sur les actions. Ici, bien qu'aucun schéma de comportement face au risque ne soit imposé, l'approche utilisée reste descriptive. L'utilisation d'une étude sur actions fictives et d'une étude sur actions réelles permet de voir comment le comportement des investisseurs peut être perturbé par leur perception de la situation des firmes émettrices, leur intuition, leurs réactions face à un risque réel dans une situation donnée.

VI.2.1.3. L'étude de Rio- Garcia et Rio –Insua (1983)

Le problème étudié est celui de la constitution d'un portefeuille d'actions, l'approche multicritère proposée est celle de la théorie de l'utilité espérée multiattribut et de la programmation mathématique à objectifs multiples. La première proposition des auteurs consiste en l'utilisation de la théorie de l'utilité espérée multiattribut. Les auteurs envisagent donc la possibilité de réviser la décision. Ils proposent ensuite l'utilisation de la programmation mathématique sous contrainte probabiliste, sans aucun caractère d'interactivité. Il ne s'agit pas ici d'une véritable étude mais de simples propositions de recherche. Ces propositions se trouvent dans le prolongement de l'approche théorique classique et restent très normatives. On orientera l'idée intéressante de l'utilisation de l'économétrie bayésienne pour réviser la décision et l'ébauche d'un développement de

l'approche théorique classique vers l'intégration dans la fonction d'utilité de plusieurs critères d'évaluation.

VI.2. 2. Les méthodes de surclassement :

VI.2.2.1. L'étude de Mariel, Khoury et Bergeron (1988) :

Les auteurs plaident en faveur d'une approche multicritère du risque, fondée sur l'utilisation de l'approche de surclassement des méthodes ELECTRE I (Roy, 1968) et ELECTRE II (Roy et Bertier, 1973), pour sélectionner des portefeuilles. La méthodologie est appliquée à deux portefeuilles sélectionnés par un gestionnaire de portefeuilles. Les méthodes utilisées ne permettent pas de composer des portefeuilles, les auteurs génèrent à partir des actions incluses dans ces deux portefeuilles. Les critères utilisés sont le rendement, la variance logarithmique, le ratio prix/bénéfice et un critère de liquidité boursière. Le but est de déterminer quels portefeuilles respectent au mieux les critères de décision et d'évaluer si les portefeuilles choisis sont cohérents avec ces critères. Les résultats montrent que la première décision est consistante avec les critères utilisés, pas la seconde; ils montrent aussi que le rangement des portefeuilles étudiés varie considérablement avec la valeur des poids relatifs des critères. L'approche de surclassement, à laquelle appartiennent les méthodes ELECTRE utilisées ici, est d'inspiration constructive.

VI.2.2.2. L'étude de Khoury, Martel et Veilleux (1993) :

Cette étude propose une méthode multicritère de sélection de portefeuilles internationaux. Les méthodes utilisées sont ELECTRE II (Roy et Skalta, 1984) et ELECTRE III (Roy, 1978). Les auteurs génèrent 19 portefeuilles à partir des indices boursiers de 16 pays. Les critères utilisés sont le rendement et son écart type, le coût des transactions, le risque pays, la couverture directe disponible pour les devises étrangères et le risque de change. Cette étude est la seule, à notre connaissance, à s'intéresser à des portefeuilles internationaux. De ce fait, elle considère essentiellement la composante internationale du risque, et montre que celle-ci est également multidimensionnelle et que l'aide multicritère à la décision semble alors mieux adaptée à ce problème que l'approche classique.

VI.2.2.3. L'étude de Szala (1990) :

Le problème traité est celui de l'évaluation d'actions. Cette étude a été menée en collaboration avec une société de bourse française. Dans un premier temps, l'auteur et les analystes financiers recensent les critères utilisés par cette société de bourse et sélectionnent des actions attractives. Les méthodes multicritères utilisées sont ELECREE III et le système interactif PREFCALC (Préférences calculées, Jacquet-Lagrèze, 1983-1990). Pour les analyses financières, Szala utilise la méthode ELECTRE III pour obtenir un classement des actions. Les traders et les gestionnaires de portefeuilles gèrent en général un trop grand nombre d'actions pour pouvoir les examiner selon un grand nombre de critères. En ce qui les concerne, Szala a alors décidé de regrouper les critères financiers en un critère de système obtenu à partir du système PREFCALC. Ce critère de synthèse est utilisé avec l'effort fourni pour utiliser tous les critères d'intérêt en gestion de portefeuille. Cependant, le nombre élevé de critères peut présenter un inconvénient en rendant difficile l'analyse multicritère. À ce propos, on retiendra l'intéressante idée d'utiliser l'approche interactive UTA pour construire un critère de synthèse.

VI.2.3. Les méthodes interactives :

VI.2.3.1. L'étude de Nakayama, Takegushi et Sono :

Le problème traité de la constitution d'un portefeuille. Les auteurs considèrent que les problèmes d'aide multicritère à la décision sont souvent mal structurés et subjectifs, mettant en jeu des critères qui ne sont ni numériques ni définis. L'utilisation d'une information graphique facile à interpréter leur semble alors plus efficace. Les auteurs proposent donc une méthode interactive fondée sur une information graphique, pour constituer un portefeuille. Tout repose sur la capacité de l'information graphique à représenter la nature multicritère du problème. Cette information graphique est composée de la moyenne, de la variance et de la courbe d'évolution du rendement. Cette information ne peut en aucun cas prétendre représenter les différents facteurs d'influence qui affectent le cours des actions, et a fortiori permettre une analyse multicritère des compromis réalisables.

VI.2.3.2. L'étude de Lee et Chesser (1980) :

Cet article présente un modèle de Goal Programming (GP) préemptif qui aide le décideur à sélectionner le portefeuille qui satisfait, autant que possible, à ses objectifs. Le GP permet à l'investisseur de délimiter simplement ses désirs d'investissement, de manière compatible

avec la recherche d'un portefeuille efficient, notamment, le GP qui permet d'intégrer de manière naturelle les principes de diversification qui sont fondamentaux en gestion de portefeuille. De plus, le GP fournit une analyse des compromis réalisables entre les critères, ce qui est le but ultime de la sélection de portefeuille. Les objectifs utilisés sont le respect de la contrainte budgétaire, la recherche d'un rendement minimum; la minimisation du risque (mesuré par le beta), des objectifs de diversification et des objectifs personnels à l'investisseur. Pour leur étude, les auteurs acceptent l'hypothèse d'efficience du marché et proposent donc une gestion passive dans le cadre de l'approche classique. La nature multidimensionnelle du risque n'est donc pas exploitée.

VI.2.3.3. L'étude de Colson et de Bruyn (1989) :

Les auteurs traitent à la fois le problème de l'évaluation des actions et celui de la sélection d'un portefeuille. Le cœur du système présenté est la confrontation des objectifs opérationnels suivants : atteindre un niveau de gain donné; maintenir le risque du portefeuille en dessous d'un certain niveau; atteindre un niveau de gain minimum sous la forme de dividendes ou d'intérêts; assurer une diversification suffisante, un contrôle effectif, ou un besoin de liquidités.

Deux modèles sont construits, le modèle SDM (Single Decision Model) qui concerne la vente ou l'achat de titres, et le modèle SMM (Simultaneous Management Model) qui concerne la constitution d'un portefeuille. Le SDM aboutit à un rangement des titres selon plusieurs critères statistiques. Dans le SDM, des informations en provenance de correspondants (analystes financiers, consultants, etc.) sont intégrées. Le SMM est un modèle de GP du même type que celui de Lee et Chesser. On notera l'intégration à l'analyse multicritère de l'avis des correspondants qui semble particulièrement intéressante. Dans cette étude, qui reste d'inspiration descriptive, la perception du risque est réduite à sa composante probabiliste, cependant l'intervention des correspondants peut être un moyen de tenir compte d'autres variables d'influence.

VI.2.4. L'approche de la désagrégation des préférences :

VI.2.4.1. Les études de Colson et Zeleny (1980) :

Le but de l'étude de Colson et Zeleny (1979) est la construction d'une frontière efficiente sur des bases plus réalistes que celles du modèle M-V. Pour cela, ils proposent l'utilisation d'un vecteur de critères à trois composantes appelé le Prospect Ranking vector. La première composante est la probabilité de ne pas atteindre un rendement minimum, la deuxième composante est le rendement espère et la troisième est la probabilité de dépasser un rendement maximum.

L'étude de Colson et Zeleny se restreint à la dimension probabiliste du risque et montre que, même à ce niveau, on a tout intérêt à utiliser une mesure multidimensionnelle du risque incluant les opportunités de gain. Il nous a alors paru intéressant de voir comment on pouvait reprendre les travaux de Colson et Zeleny, non pas dans le but de déterminer l'ensemble des portefeuilles efficients, mais dans un but de sélection. Pour se faire, le PRV nécessite quelques modifications afin de fournir des mesures du risque plus complètes. Ainsi la mesure du risque de perte se divise actuellement en deux composantes : la première est destinée à se prémunir contre de très fortes pertes et la seconde à tenir compte de pertes moins importantes, mais tout de même significatives. Au niveau des opportunités de gain, la probabilité de dépasser un niveau maximum de rendement est remplacée par la probabilité d'obtenir un rendement significativement supérieur à la moyenne. L'aide multicritère à la décision permet alors d'intégrer ces mesures du risque, avec d'autres critères d'intérêt, dans un processus d'aide multicritère à la décision.

VI.2.4.2. L'étude de Zopounidis, Despotis et Kamaratou (1993) :

D'autres études s'ajoutent aux précédentes, notamment celle de Zopounidis, Despotis et Kamaratou (1993), qui proposent l'utilisation du système interactif ADELAIS (Aide à la Décision pour système Linéaires multicritères par Aide à la Structuration des préférences) pour la constitution d'un portefeuille d'actions, méthode sur laquelle nous nous sommes basés pour venir à fin de notre étude de cas concernant la constitution d'un portefeuille d'action sur le marché des valeurs mobilières de Tunis.

Conclusion :

Compte tenu de la nature multicritère de certains problèmes en finance tel que l'évaluation du risque crédit, la prévision de faillite des entreprises, la constitution d'un portefeuille d'action..., etc. Il serait judicieux d'adopter des méthodes multicritères pour ces problèmes, ces méthodes assurent l'intégration du système de préférences du décideur en plus de leur qualité de respect de la nature de ces problèmes (la nature multicritère). Le nombre d'études, traitant ces problèmes et même d'autres en respectant la nature multicritère, reste limité.

**Chapitre VII: La constitution d'un portefeuille d'actions cas de la
Bourse des valeurs mobilières de Tunis**



بورصة تونس
BOURSE DE TUNIS

Introduction :

La bourse est le lieu où les investisseurs achètent et vendent des titres de capital ou de créance émis par les entreprises, l'Etat et les collectivités locales. Ce rôle de marché assure la liquidité des titres détenus par les investisseurs. Cette liquidité permet aux émetteurs de se procurer des fonds pour financer leur croissance en faisant appel au public. A ce titre, la bourse des valeurs mobilières de Tunis constitue l'une des sources de financement de l'économie tunisienne, se situant au cœur du marché financier et grâce à l'environnement général économique favorable avec des perspectives prometteuses, une gestion macro-économique saine, des exigences de professionnalisme, de solidité financière et d'intégrité à la charge des opérateurs garantissant les intérêts des investisseurs ; au cadre législatif et réglementaire moderne et conforme aux standards internationaux par biais du Conseil du Marché Financier (CMF), autorité de contrôle du marché, veillant à la protection des investisseurs et au bon fonctionnement des marchés de la Bourse. La Bourse de Tunis assure une technologie de négociation avancée garantissant performance et sécurité : des sociétés d'intermédiation soumises à agrément, ont le monopole de la négociation des titres en Bourse ; un système de règlement livraison fiable répondant aux normes internationales par la Société Tunisienne interprofessionnelle pour la Compensation et le Dépôt des Valeurs Mobilières (STICODEVAM) qui assure le règlement des espèces et la livraison des titres ; un système de garantie de la bonne fin des transactions : le Fonds de Garantie de Marché (FGM) s'interpose entre les intermédiaires en Bourse pour assurer la bonne fin des transactions; le Fonds de Garantie Clientèle : il a été créé en mai 2009, pour garantir la clientèle contre les risques non-commerciaux, notamment le paiement des sommes d'argent et la livraison de valeurs mobilières, suite à une négociation ou à une transaction soumise à un enregistrement en bourse.

VII.1. Présentation de la Bourse de Tunis :

VII.1.1. Aperçu sur la BVMT :

Créée en 1969 par la volonté politique des autorités de la république Tunisienne, la bourse de Tunis est restée sous l'empire de l'Etat et des banques son rôle de financement de l'économie demeurait limité à cet époque, a cause des rémunérations très avantageuses des

dépôts des banques (qui étaient réglementés, protégés et exonérés), de la facilité d'accès aux crédits bancaires et aux aides de l'Etat et la fiscalité assez lourde des placements en bourse. Les réformes n'ont vu le jour qu'à partir de 1988.

Accélérée à partir de 1995, la loi n°94-117 du 14 Novembre 1994 (portant sur la réorganisation du marché financier en ses articles **23,55** et **84** donne vie au conseil du marché financier. C'est une autorité publique, indépendante, qui dispose de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Son siège est à Tunis) a pu tracer les premières lignes désignant le vrai rôle de la bourse, il était nécessaire de le redéfinir en commençant par revoir la structure de la bourse de Tunis en premier lieu. Cette loi s'articule au tour de trois axes (la constitution de trois organismes):

- Le conseil de marché Tunisien (qui est un organisme de régularisation)
- La bourse de valeurs mobilières de Tunis : BVMT (qui est un organisme chargé de la gestion du marché)
- La société Tunisienne interprofessionnelle de compensation et de dépôts des valeurs mobilières (qui est un organisme chargé du dépôt et de la compensation)

VII.1.1.1. Dates clés de la bourse de Tunis:

- **Février 1969** : Création de la Bourse des Valeurs Mobilières de Tunis, Etablissement public
- **Novembre 1994** : Promulgation de la loi 94-117 portant réorganisation du marché financier qui sépare les fonctions de contrôle et de gestion du marché boursier
- **Novembre 1995** : Création de la Bourse des Valeurs Mobilières de Tunis, Société anonyme détenue par les intermédiaires en bourse.
- **Octobre 1996** : Mise en place du système de cotation électronique NSC
- **Avril 1998** : Lancement de l'indice TUNINDEX (Base 1000 au 31 décembre 1997)
- **Décembre 2007** : Lancement du Marché Alternatif, dédié aux PME, Passage à la version V900 du système de cotation électronique NSC
- **Janvier 2009** : Changement du mode de calcul de l'indice Tunindex pour se baser sur la capitalisation flottante et arrêt de la publication de l'indice qui avait été lancé en septembre 1990.

- **Mai 2009** : Création du Fonds de Garantie de la Clientèle du marché des valeurs mobilières et des produits financiers contre les risques non commerciaux.
- **Août 2009** : Promulgation du code de prestation des services financiers aux non résidents.

VII.1.1.2. Missions et ambitions:

Sa mission est la gestion du marché tunisien des valeurs mobilières par l'admission de nouveaux titres à la cote de la Bourse, l'organisation des échanges et la cotation des titres dans les meilleures conditions d'égalité, de sécurité et de transparence, la diffusion des informations boursières, la promotion et le développement du marché boursier.

Son ambition est d'être à la tête d'un profond changement des mentalités en matière financière pour inscrire l'épargne boursière dans les habitudes des épargnants et ancrer le financement boursier dans la culture managériale des entreprises tunisiennes, constituer un rouage essentiel dans l'économie financière de la Tunisie, être la voie de l'ambition des entreprises tunisiennes leur permettant de concevoir plus grand et réaliser plus vite pour raccourcir les délais de leur développement et leur internationalisation, participer à la diffusion la plus large de la culture de transparence et de bonne gouvernance, participer au rayonnement régional de la Tunisie.

VII.1.2. Les avantages qu'offre la bourse de Tunis:

VII.1.2.1. Aux investisseurs et épargnants :

- Des placements liquides et rémunérateurs surtout sur le long terme ;
- Une évaluation permanente du patrimoine ;
- Une exonération de l'impôt sur les dividendes et les plus values réalisées ;
- Un dégrèvement fiscal pour les détenteurs d'un Compte d'Epargne en Actions (CEA) ;
- Le statut d'actionnaire et co-proprétaire de sociétés de renommée.

VII.1.2.2. Aux entreprises :

- Levée de capitaux directement auprès des investisseurs, à moindre coût ;

Partie IV : Cas pratique

- Renforcement de la notoriété et de l'image de marque ;
- Dégrevement fiscal pour les cinq années qui suivent l'introduction en Bourse ;
- Pérennisation par la facilitation de la transmission.

VII.1.3. Liste des sociétés cotées / Listed Company

VII.1.3.1. Sociétés Financières / Financials

Tableau 9: Liste des banques

Banques / البنوك / Banking			
ISIN	Code/ رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0003400058	AB	AMEN BANK	بنك الأمان
TN0003600350	ATB	ARAB TUNISIAN BANK	البنك العربي لتونس
TN0001600154	TJARI	BANQUE ATTIJARI DE TUNISIE	التجاري بنك
TN0001900604	BH	BANQUE DE L'HABITAT	بنك الإسكان
TN0001800457	BIAT	BANQUE INTERNATIONALE ARABE DE TUNISIE	بنك تونس العربي الدولي
TN0003100609	BNA	BANQUE NATIONALE AGRICOLE	البنك الوطني الفلاحي
TN0002200053	BT	BANQUE DE TUNISIE	البنك التونسي
TN0002600955	STB	SOCIETE TUNISIENNE DE BANQUE	الشركة التونسية للبنك
TN0001300557	BTE	BANQUE DE TUNISIE ET DES EMIRATS (ADP)	بنك تونس والأمارات
TN0002400505	UBCI	UNION BANCAIRE POUR LE COMMERCE ET L'INDUSTRIE	الإتحاد البنكي للتجارة و الصناعة
TN0003900107	UIB	UNION INTERNATIONALE DE BANQUES	الإتحاد الدولي للبنوك

Tableau 10: Liste des sociétés prestataires de services financier

Services Financiers / الخدمات المالية / Financial services			
ISIN	Code/ رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0004700100	ATL	ARAB TUNISIAN LEASE	شركة الإيجار العربية لتونس
TN0006610018	TJL	ATTIJARI LEASING	التجاري للإيجار المالي
TN0004200853	CIL	COMPAGNIE INTERNATIONALE DE LEASING	لشركة الدولية للإيجار المالي
TN0007200017	WIFAK	EL WIFACK LEASING	الوفاق للإيجار المالي
TN0002100907	TLS	TUNISIE LEASING	التونسية للإيجار المالي
TN0002500650	PLTU	PLACEMENTS DE TUNISIE – SICAF	التوظيف التونسي
TN0001400704	SPDIT	STE DE PLACE. ET DE DEVELOP. INDUS. ET TOURIS. – SICAF	شركة الاستثمار و التنمية الصناعية والسياحية
TN0004100202	TINV	SOCIETE TUNISIENNE D'INVEST. A CAPITAL RISQUE	شركة الاستثمار تونافست
TN0006720049	ML	MODERN LEASING	العصرية للإيجار المالي

Tableau 11: Liste des sociétés d'assurances

Partie IV : Cas pratique

Assurance / التأمين / Insurance			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN000300045 2	AST	COMPAGNIE D'ASSURANCES ET DE REASSURANCES	شركة أستري للتأمين وإعادة التأمين
TN000606001 6	STAR	SOCIETE TUNISIENNE D'ASSURANCES ET DE REASSURANCES	الشركة التونسية للتأمين ستار
TN 0006550016	SALIM	SOCIETE D'ASSURANCES SALIM	تأمينات سليم
TN000738001 7	TRE	LA SOCIETE TUNISIENNE DE REASSURANCE « TUNIS Re »	التونسية لإعادة التأمين

VII.1.3.2. Télécommunications / Telecommunication

Tableau 12: Liste des sociétés de télécommunications

Télécommunications / الاتصالات / Telecommunication			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN00065300 18	SOTET	SOCIETE TUNISIENNE D'ENTREPRISES DE TELECOMMUNICATIONS	لشركة التونسية للمقاولات السلكية واللاسلكية
TN00073400 11	SERVI	SERVICOM	سرفيكوم

VII.1.3.3. Services aux Consommateurs / Consumer services

Tableau 13: Liste des sociétés de distribution

Distribution / التوزيع / General retailers			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0007300015	ARTES	AUTOMOBILE RESEAU TUNISIEN ET SERVICES	الشبكة التونسية للسيارات و الخدمات
TN0006440010	MAG	MAGASIN GENERAL	شركة المغازة العامة
TN0001000108	MNP	SOCIETE NOUVELLE MAISON DE LA VILLE DE TUNIS	شركة مونوبري
TN0006580013	MGR	SOCIETE TUNISIENNE DES MARCHES DE GROS	الشركة التونسية لأسواق الجملة
TN0007410012	NAKL	ENNAKL AUTOMOBILES	شركة النقل للسيارات

Tableau 14: Liste des sociétés de voyages et loisirs

Voyages et loisirs / الرحلات و الترفيه / Travel and leisure			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0001200401	TAIR	SOCIETE TUNISIENNE DE L'AIR	الخطوط التونسية

VII.1.3.4. Santé / Health care

Tableau 15: Liste des sociétés sanitaires

Santé / الصحة / Health care			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN000725001 2	ADWYA	SOCIETE ADWYA	شركة أدوية
TN000667001 2	SIPHA	SOCIETE DES INDUSTRIES PHARMACEUTIQUES DE TUNISIE	الشركة التونسية للصناعات الصيدلانية

Partie IV : Cas pratique

VII.1.3.5. Biens de Consommation / Consumer goods

Tableau 16: Liste des sociétés d'automobiles et d'équipements

Automobiles et Equipementiers / تجهيزات السيارات / Automobiles and parts			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0007140015	ASSAD	SOCIETE L'ACCUMULATEUR TUNISIEN	البطارية التونسية أسد
TN0007130016	GIF	SOCIETE GENERALE INDUSTRIELLE DE FILTRATION	الشركة الصناعية العامة للمصافي
TN0006640015	STEQ	SOCIETE TUNISIENNE D'EQUIPEMENT	الشركة التونسية للتجهيز
TN0005030010	STIP	SOCIETE TUNISIENNE DES INDUSTRIES DE PNEUMATIQUES	الشركة التونسية لصناعات الإطارات المطاطية

Tableau 17: Liste des sociétés d'agro-alimentaire et boissons

Agro-alimentaire et Boissons / الفلاحة و الصيد البحري / Food and Beverage			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0001100254	SFBT	SOCIETE FRIGORIFIQUE ET BRASSERIE DE TUNIS	شركة التبريد ومعمل الجعة بتونس
TN0003300902	TLAIT	TUNISIE LAIT	حليب تونس
TN0007290018	SOPAT	STE DE PRODUCTION AGRICOLE DE TEBOULBA	شركة الإنتاج الفلاحي بطبلبة
TN0005700018	PGH	POULINA GROUP HOLDING	بولينا القابضة

Tableau 18: Liste des sociétés de produits ménagers et des soins personnel

Produits ménagers et de soins personnel / التجهيزات المنزلية / Personal and household goods			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0006650014	LSTR	ELECTROSTAR	إلكتروستار

VII.1.3.6. Industries / Industrials

Tableau 19: Liste des sociétés de bâtiment et matériaux de construction

Bâtiment et Matériaux de Construction / المقاولات و مواد البناء / Construction and materials			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0007210016	SOKNA	ESSOUKNA	السكنى
TN0004000055	SIMPAR	SOCIETE IMMOBILIERE ET DE PARTICIPATION	الشركة العقارية وللمساهمات
TN0007180011	SITS	SOCIETE IMMOBILIERE TUNISO-SEOUDIENNE	الشركة العقارية التونسية السعودية
TN0006780019	SOMOC	SOCIETE MODERNE DE CERAMIQUE	الشركة العصرية للخزف
TN0007350010	SCB	LES CIMENTS DE BIZERTE	إسمنت بنزرت
TN0007400013	CC	CARTHAGE CEMENT	قرطاج للأسمنت

Tableau 20: Liste des sociétés de biens et services industriels

Biens et Services Industriels / مواد و خدمات الصناعة / Industrial goods and services			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0006590012	SIAME	SOCIETE INDUSTRIELLE D'APPAREILLAGE ET DE MATERIELS ELECTRIQUES	لشركة الصناعية للأجهزة و الآلات الكهربائية
TN0006560	SOTUV	SOCIETE TUNISIENNE DE VERRERIES	الشركة التونسية للبلور

Partie IV : Cas pratique

015

VII.1.3.7. Matériaux de Base / Basic Material

Tableau 21: Liste des sociétés des industries chimiques

Chimie / الكيمياء / Chemicals			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0002300358	AL	AIR LIQUIDE TUNISIE	أرليكيڨ تونس
TN0003800703	ALKIM	SOCIETE CHIMIQUE	شركة الكيمياء
TN0003200755	ICF	SOCIETE DES INDUSTRIES CHIMIQUES DU FLUOR	الصناعات الكيمائية للفليور

Tableau 22: Liste des sociétés de matières premières

Matières premières / المواد الأولية / Basic Resources			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0007270010	TPR	SOCIETE TUNISIE PROFILES ALUMINIUM	تونس لمجنتبات الألمينيوم

VII.1.3.8. Pétrole et Gaz / Oil and Gas

Tableau 23: Liste des sociétés de pétrole et gaz

Pétrole et Gaz / البترول و الغاز / Oil and Gas			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0006660013	STPIL	SOCIETE DE TRANSPORT DES HYDROCARBURES PAR PIPELINES	شركة النقل عبر الأنابيب

VII.1.3.9. Technologie / Technology

Tableau 24: Liste des sociétés dans le domaine de technologie

Technologie / تكنولوجيا / Technology			
ISIN	Code/رمز	Valeur/Company	الشركة
TN0007440019	TLNET	TELNET HOLDING	تلنات
TN0007490014	XABYT	HEXABYTE	هكزبيت

VII.2. Sélection d'un ensemble d'actions attractives sur le marche des valeurs mobilières de Tunis :

VII.2.1. Méthodologie de travail :

Dans ce qui suit nous représentons l'application de la méthode UTA+ et ELECTRE TRI suivi d'une programmation mathématique a objectifs multiples résolue par le biais du logiciel

LINDO pour la sélection d'un ensemble d'actions attractives, pour une problématique de rangement nous appliquerons UTA+ et la méthode ELECTRE TRI, qui est une méthode de sur-classement, pour une problématique de tri ; Ces deux méthodes appartiennent à l'approche constructive et c'est une des raisons principales de leur choix.

Ce qu'il faut noter que ceci est une méthodologie d'aide multicritère à la décision en matière de sélection d'actions et non pas un modèle de prévision des rendements tel que le MEDAF (Modèle d'évaluation des actifs financiers) ou l'APT (Arbitrage pricing theory).

VII.2.2. La Construction des critères d'évaluation :

La base de données comprend 54 sociétés Tunisiennes, les données boursières et financières (bilan, compte de résultat, prix d'action, dividendes, ...) couvrent une période allant de décembre 2009 au juillet 2013. A partir de cette base de données nous procéderons à l'évaluation d'un certain nombre de critères.

Sept critères ont été retenus dont quatre boursiers (annuels ou mensuels selon le cas) et trois autres d'analyse financière (annuels) :

Tableau 25: Les critères d'évaluation

Les critères	Critères d'analyse financière	Critères boursiers
Le rendement mensuel moyen		Qui est un critère boursier
Le price earnings ratio mensuel à minimiser		En cas de pertes ce critère est négatif ce qui place l'action en tête de classement donc il serait plus judicieux de maximiser l'inverse de ce critère 1/PER.
Le bénéfice par action annuel		Ou EPS : earnings per share à maximiser.
Le return on equity	Qui un critère de rentabilité des capitaux propres à maximiser.	

Partie IV : Cas pratique

Current ratio	Où critère de liquidité au sens strict qui doit être maximiser.	
Le ratio cash flow/dette	Qui est un critère de solvabilité à maximiser.	
Le bêta-1		La minimisation de la valeur absolue de ce critère qui représente un gestionnaire de portefeuille qui préfère les actions de bêta proche de 1 et suit une stratégie de gestion passive (l'attitude prudente)

Tableau 26: Mode d'évaluation des critères

Critère (Ratio)	Mode de calcul
Rentabilité des capitaux R1 (résul/capitaux)	Résultat net / Capitaux propres
Le current ratio R2	Actifs à court terme / Passifs à court terme
Le ratio de solvabilité R3	Cash-flow / Dette
Rendement mensuel R4	
R5	Valeur marchande par action / Bénéfice par action
R6	Cash-flow opérationnel / Dilué d'action en circulation

Partie IV : Cas pratique

Les entreprises constituant l'échantillon sont toutes les entreprises cotées en bourse, donc c'est toute la population qui est considérée. L'évaluation de ces critères est représentée dans le tableau suivant :

Tableau 27: Evaluation des critères Matrice de performances

Organisme	R1= Rn/Cp	R2= Act/Pct	R3=CashF/Dette	R4 Rend	R5 1/PER	R6 EPS	$|\beta-1| = R7$
Amen Bank	0,00754512	1,10553746	3,65000000	0,5136	0,865235471	4232	0.012
Les labos adwya	0,05940739	1,56754335	1,68789874	0,98464	1,246451	87464	0.145
AL	0,19236232	1,7797869	1,99247496	0,592392	1,145	48239	0.321
ALKIM	0,14526557	0,98883345	1,4147066	0,622325	0.014941	51232	0.215
ARTES	0,2387266	2,10289409	0,20376524	0,1458125	0.325348	35812	0.165
ASSAD	0,21087368	1,61034558	0,7040005	0,617824	0.0894789	5278	0.147
AST	0,15720131	1,43	1,2600000	0,1101511	0.041846	1511	0.4
ATB	0,58486517	1,02999065	0,5500000	0,4178	0.015315	327	0.056
ATL	0,15385278	9,01205911	0,06987655	0,627313	0,03642	5162	0.258
BH	0,03327592	1,32116099	0,73	0,2470788	0,056984	1370	0.064
BIAT	0,07712224	1,06129115	0.68	0,6558	0,064216	447	0.021
BNA	0,03885627	1,18066022	0.05	0,3615	0.158326	2505	0.045
BT	0,11569877	1,13757112	0.62	0,4805	0.066514	703	0.067
BTE	0,01848579	1,72899591	0,97	0,446	0.028621	335	0.058
CIL	0,17745345	2,36371529	1.26	0,683596	0.091623	57248	0.025
GIF	0,02402014	3,75224028	2,64616832	0,67695	0.254241	5655	0.014
ICF	0,06443544	1,67554985	1,33618088	0,241281	0.036012	13111	0.078
LSTR	-0,60522508	0,91187206	0,10877213	-0,248395	0.047603	-1372	0.025
MAG	0,29555379	0,82362764	0,23963393	0,2028749	0.078109	10178	0.064
MGR	-0,00890371	0,28206819	7,92596584	-0,22532	0.094203	-142	0.074
ML	0,00892896	0,24407976	0,06863683	0,45213	0.024612	2301	0.082
MNP	0,10791947	0,68496465	0,40044669	0,856493	0.036301	7332	0.064
NAKL	0,23825406	1,28833318	0,33184896	0,1336818	0.025002	2246	0.423
PGH	0,14247155	3,19606085	1,79708173	0,3343805	0.156092	11347	0.143
PLTU	0,15834403	2,55718729	0,98861135	0,21889	0.095011	1076	0.312
SALIM	0,12352402	1,1	0.02	0,313143	0.232122	20201	0.277
SCB	0,04043562	3,31689762	1.81	0,569142	0.061331	4592	0.185
SFBT	0,20274445	1,53585643	1.36	0,756193	0.055201	6431	0.02
SIAME	0,03959454	2,36322615	0.57	0,133707	0.103310	2160	2.109
SIMPA	0,06326538	3,67523234	0.78	0,281208	0.016096	1701	0.131
SIPHA	0,01389264	1,84306185	0.95	0,77602	0.054107	552	0.210
SITS	0,00091962	1,84855812	0,34	0,3905	0.058324	601	0.044

Partie IV : Cas pratique

SKONA	0,05092069	2,92498271	0.29	0,181243	0.067205	3004	0.062
SOMOC	0,03400138	1,00693282	0.15	0,265229	0.035345	2411	0.079
SOPAT	0,03685502	1,18078553	0,86718247	0,124054	0.091075	98	0.097
SOTET	-0,00990534	1,98385106	0,24079185	-0,45768	0.512108	-251	0.025
SPDIT	0,17765217	1,08481377	2,67395834	0,851443	0.027213	654	0.645
STAR	0,07190869	0,98	0,04964516	0,1340167	0.132230	329	0.854
STB	0,01537165	1,1317559	1.03	0,1344	0.0542145	122	0.914
STEQ	-1,93948604	0,75102809	0,2150208	-0,4472032	0.015214	-87	0.431
STPIL	0,11789042	2,30028672	3,33778335	0,286062	0.065256	126	0.351
TAIR	-0,23796899	0,59083172	1,11960696	-0,18909	0.088102	-72	0.201
TINV	0,16771677	5,19956513	1,69399409	0,123144	0.0731002	97	0.149
TJARI	0,07971103	1,06308781	0.89	0,4351	0.034321	85	0.095
TJL	0,2068783	9,15830838	2.36	0,471302	0.164251	342	0.122
TLAIT	-0,08245985	1,0223973	0,06994713	-0,316015	0.021287	-76	0.241
TLNET	0,19242874	6,35709756	2,57224033	0,640264	0.038570	548	0.324
TLS	0,07962361	9,68248628	0,09419798	0,613676	0.092320	264	0.621
TPR	0,13962925	3,48481785	0,91077547	0,1014473	0.069675	91	0.054
TRE J	0.165	0.97	0,01631977	0,231	0.070981	109	0.061
UBCI	0,06229599	1,08018302	0,35	0,2147	0.067810	145	0.301
UIB	0,19151173	1,13688844	0.46	0,1943	0.605215	2182	0.058
WIFAK	0,11322929	7,19387064	0,0657038	0,232524	0.033534	1450	0.091

VII.2.3. L'application des méthodes UTA+, ELECTRE TRI et la programmation mathématique :

VII.2.3.1. Classement des actions par leurs degrés d'utilité (application d'UTA+) :

VII.2.3.1.1. Méthodologie :

Cette méthode est basée sur la recherche d'une fonction d'utilité permettant le rangement des actions, deux situations peuvent faire face :

1. Il existe une fonction d'utilité séparable additive qui respecte l'ordre établi par le décideur, alors $F=0$. Dans ce cas, il existe en fait une infinité de fonctions d'utilité qui respectent cet ordre et une analyse de post-optimalité permet de sélectionner une fonction « moyenne » pour le représenter. +
2. Il n'existe pas de fonctions d'utilité séparable additive qui respecte l'ordre, alors $F>0$. Dans ce cas le rôle des variables d'écart σ est de rendre possible l'estimation d'une

fonction d'utilité. La solution du programme est unique et on obtient une fonction d'utilité qui respect au mieux les préférences du décideur selon le critère en question.

VII.2.3.1.2. Application et résultats :

Dans le cas présent (le cas étudié) la recherche d'une fonction d'utilité qui respect au mieux les préférences du décideur (en l'absence de décideur, nous jouerons son rôle) est assuré ici par le logiciel UTA+ v.1,40 (conçu par Poznan University of Technology-Laboratory of Intelligent Decision Support Systems).

Cette recherche est fondée sur l'hypothèse de l'existence ou pas d'un ensemble d'actions pour le quel il existe ou pas une fonction d'utilité cela selon le coefficient de Kendall τ , s'il est inférieur à 0.7 la fonction d'utilité recherchée (qui représente au mieux les préférences du décideur) n'existe pas, si le coefficient est égale ou supérieur à 0.7 (se rapprochant de 1) il existe une fonction d'utilité qui respecte au mieux les préférences du décideur.

Ainsi nous avons procédé a une série de tests vérifiant à chaque fois la valeur de cet coefficient restant supérieur à 0.7 pour l'ensemble des 54 sociétés.

Pour l'ensemble des 54 alternatifs dont les 23 premières actions regroupant les sociétés : AMEN BANK, SCB, TJL, GIF, SPDIT, BT, ARTES, SOTET, TLNET, STPIL, TINV, TLAIT, TLS, TREJ, CIL, TPR, SOPAT, PGH, ATL, SIAME, PLTU, ASSAD, STEQ. Le coefficient de Kendall $\tau = 0,82$ pour le quel il existe une fonction d'utilité additive, les résultats sont représentés par les graphes d'utilité marginale de chaque critère suivants :

Figure 20: Utilité marginale des sept ratios

Partie IV : Cas pratique

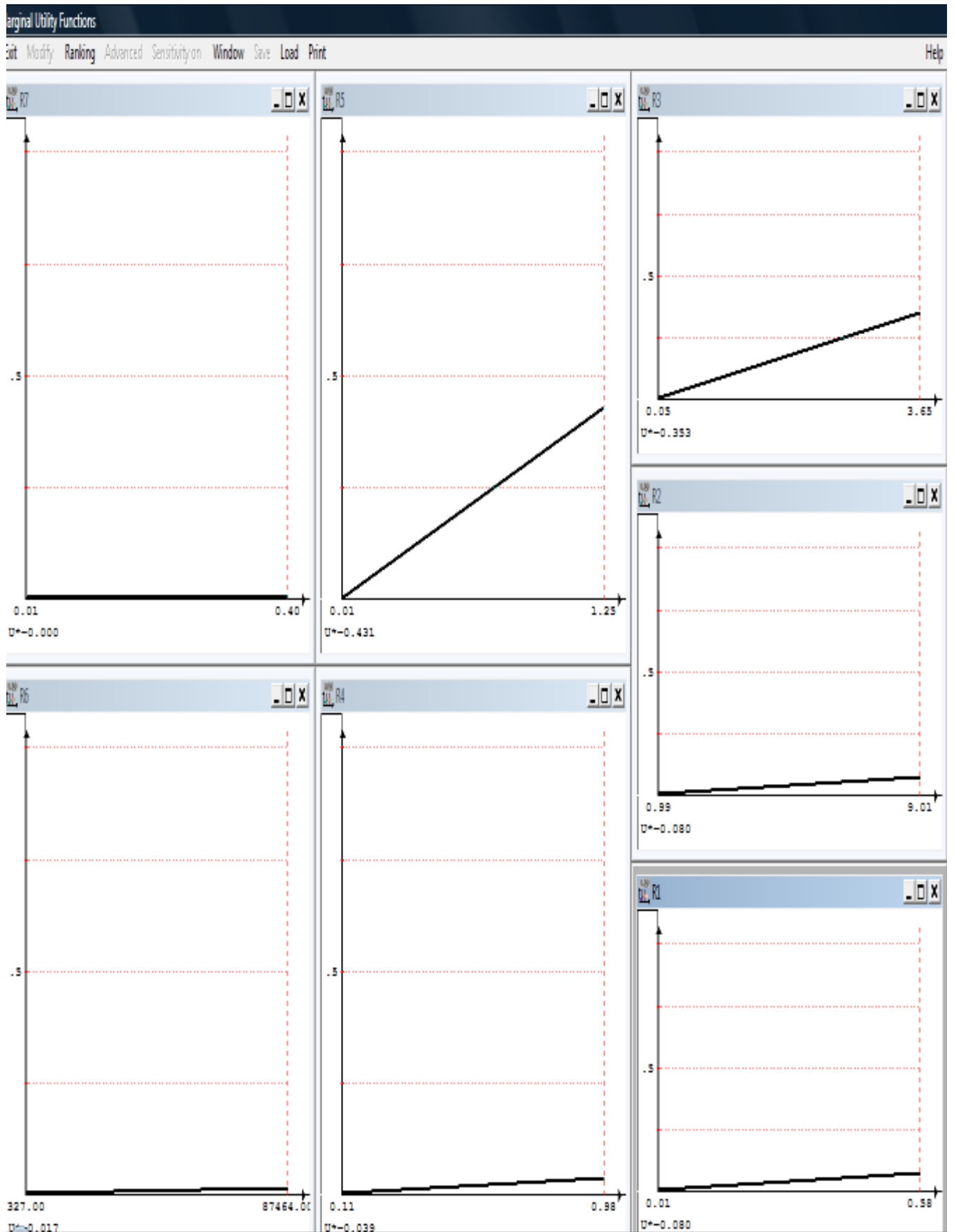
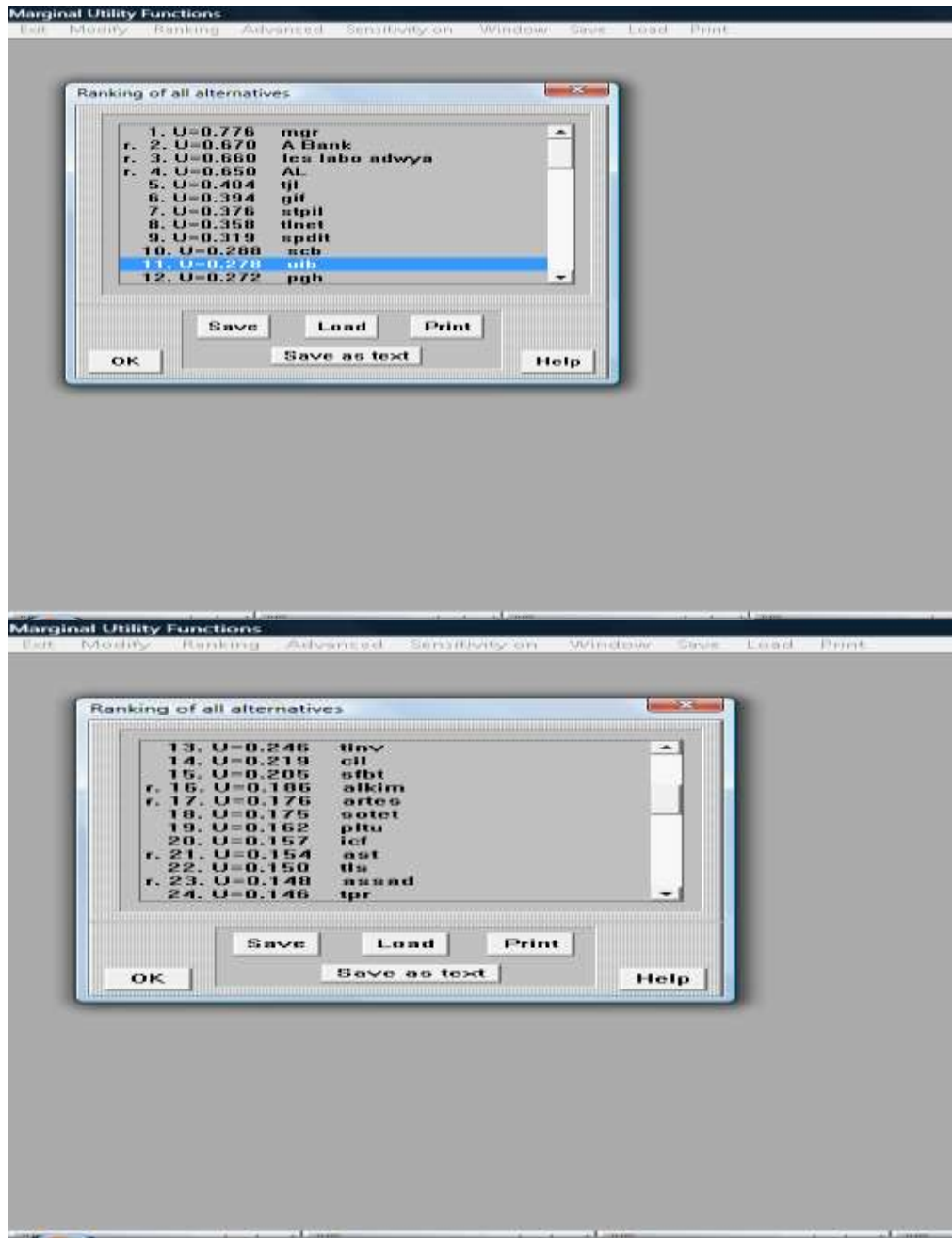
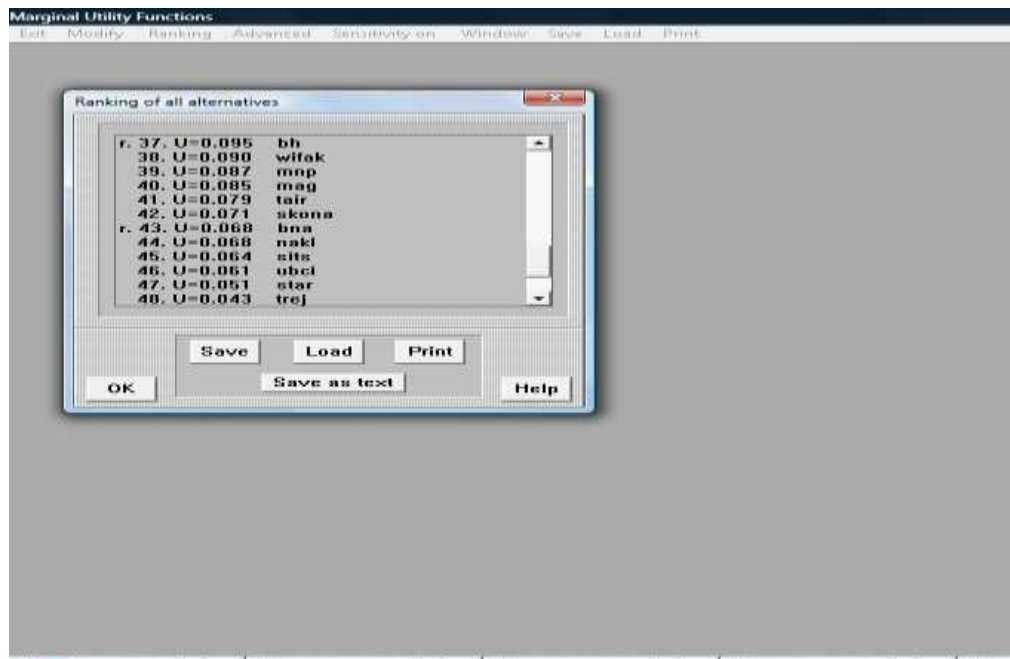
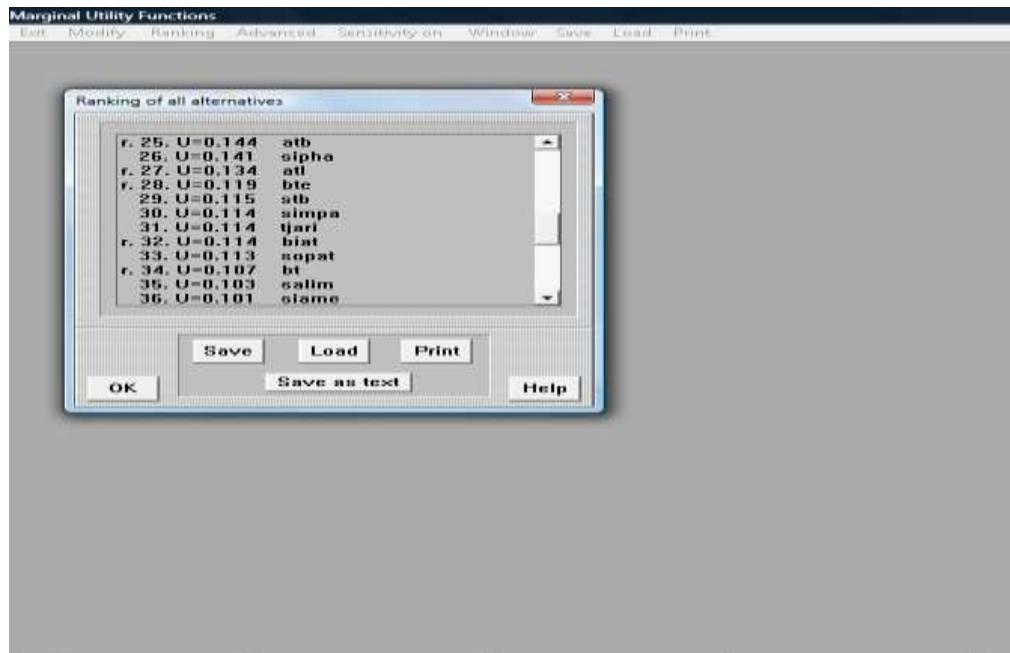


Figure 21: Ranking of all alternatives



Partie IV : Cas pratique



Partie IV : Cas pratique

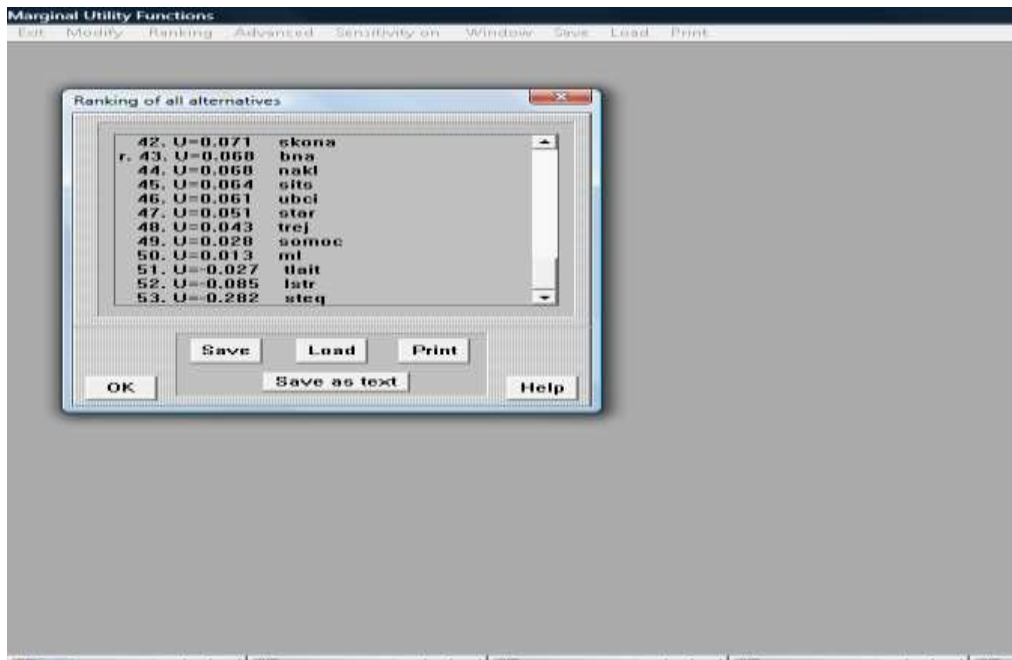


Tableau 28: Classement des actions selon leurs utilités global (les 23 premières)

MR	DR	Global Utility	Actions
1	1	23.786	AMEN BANK
2	2	1.152	SCB
3	3	0.986	TJL
4	4	0.641	GIF
5	5	0.607	SPDIT
6	6	0.557	BT
7	7	0.542	ARTES
8	8	0.469	SOTET
9	9	0.460	TLNET
10	10	0,434	STPIL
11	11	0,433	TINV
12	12	0,413	TLAIT
13	13	0,410	TLS
14	14	0,407	TREJ
15	15	0,362	CIL
16	16	0,356	TPR
17	17	0,355	SOPAT

Partie IV : Cas pratique

18	18	0,338	PGH
19	19	0,328	ATL
20	20	0,312	SIAME
21	21	0,312	PLTU
22	22	0,310	ASSAD
23	23	0,308	STEQ

DR : est le rangement de portefeuille par le gestionnaire et MR : est le rangement par rapport à l'utilité globale de chaque action de référence. La valeur du coefficient de Kendall $\tau = 0,82$ montre que la fonction d'utilité estimée respect au mieux et non parfaitement l'ordre établi par le gestionnaire de portefeuille.

Les courbes d'utilité marginale des huit critères sont représentées dans les figures qui suivent, étant donné que le rangement du gestionnaire de portefeuille est en accord avec le model on peut passer à la phase du classement total et final:

Tableau 29: Classement final

MR	DR	Global Utility	Actions
1	1	23.786	AMEN BANK
2	2	1.152	SCB
3	3	0.986	TJL
4	4	0.641	GIF
5	5	0.607	SPDIT
6	6	0.557	BT
7	7	0.542	ARTES
8	8	0.469	SOTET
9	9	0.460	TLNET
10	10	0,434	STPIL
11	11	0,433	TINV
12	12	0,413	TLAIT
13	13	0,410	TLS
14	14	0,407	TREJ

Partie IV : Cas pratique

15	15	0,362	CIL
16	16	0,356	TPR
17	17	0,355	SOPAT
18	18	0,338	PGH
19	19	0,328	ATL
20	20	0,312	SIAME
21	20	0,312	PLTU
22	21	0,310	ASSAD
23	22	0,308	STEQ
24	23	0,275	MNP
25	24	0,253	ALKIM
26	25	0,235	ATB
27	26	0,228	STB
28	27	0,204	LES LABO ADWYA
29	28	0,200	SFBT
30	29	0,182	BNA
31	30	0,172	BIAT
32	31	0,166	SOKNA
33	32	0,163	SOMOC
34	33	0,161	LSTR
35	34	0,153	AST
36	35	0,151	STAR
37	36	0,148	TJARI
38	37	0,140	TAIR
39	38	0,136	SITS
40	39	0,129	UIB
41	40	0,118	WIFAK
42	41	0,113	MGR
43	42	0,111	SALIM
44	43	0,097	SIMPA
45	44	0,091	NAKL
46	45	0,084	SIPHA

Partie IV : Cas pratique

47	46	0,050	ML
48	46	0,050	AL
49	47	0,045	ICF
50	48	0,043	BH
51	49	0.032	BTE
52	50	0,023	UBCI
53	51	0,019	MAG

VII.2.3.2. Le recours à la méthode ELECTRE TRI pour l'affectation des actions dans des catégories prédéfinies :

VII.2.3.2.1.Méthodologie du travail

a. Aperçu sur la méthode ELECTRE TRI

La méthode ELECTRE TRI qui relève de la problématique β (procédure d'affectation) pose le problème en termes d'attribution de chaque action à une catégorie pré définie. Des actions de référence sont utilisées pour segmenter l'espace des critères en catégories. Chaque catégorie est bornée inférieurement et supérieurement par deux actions référence et chaque action de référence sert donc de borne à deux catégories, l'une supérieure et l'autre inférieure. Cette méthode présente trois intérêts principaux qui permettent de :

- juger une action potentielle pour elle-même, indépendamment des autres actions potentielles. En ce sens, cette méthode juge chaque action potentielle sur sa valeur absolue (bien que relativement aux actions de référence pré définies)
- fixer une ou plusieurs valeurs de référence, par exemple des normes légales ou des résultats minimaux pour l'acceptation de candidats
- considérer un nombre d'actions potentielles plus important que les autres méthodes ELECTRE

Avec la méthode ELECTRE TRI, le nombre d'actions à comparer et à diviser par 20 par rapport à une autre méthode ELECTRE. Cette méthode suit la même démarche que la méthode ELECTRE III jusqu'aux degrés de crédibilité. L'affectation des actions à une

Partie IV : Cas pratique

catégorie est, bien entendu, spécifique. Il est possible de demander au décideur de trier un petit échantillon de l'ensemble des actions, puis d'analyser ce tri pour déterminer les caractéristiques des actions de référence [Slowinski et al., 96]. Pour déceler l'incomparabilité, deux procédures d'affectation distinctes, appelées optimiste et pessimiste, sont nécessaires. Elles consistent à comparer chaque action potentielle avec les actions de référence en commençant par la plus contraignante puis la moins contraignante. Si les deux procédures affectent l'action potentielle à la même catégorie, elle est alors parfaitement comparable avec les actions de référence, sinon, en fonction de la différence entre les deux catégories auxquelles elle est attribuée, elle est plus ou moins incomparable. On adopte une segmentation multicritère simple, c'est-à-dire que les actions de référence sont parfaitement comparables entre elles.

ELECTRE TRI est une méthode intéressante dans la mesure où elle permet une comparaison différente des actions potentielles, non plus entre elles, mais par rapport à une référence stable. Elle est donc moins sensible que les méthodes relevant de la problématique Elle permet également d'utiliser des valeurs de référence, lorsqu'elles existent. Encore faut-il qu'elles soient cohérentes pour former une action de référence.

Tableau 30: Notation des alternatifs (par le logiciel ELECTRE TRI)

Organisme	Notation
Amen Bank	A0001
Les labos adwya	A0002
AL	A0003
ALKIM	A0004
ARTES	A0005
ASSAD	A0006
AST	A0007
ATB	A0008
ATL	A0009
BH	A00010
BIAT	A00011
BNA	A00012
BT	A00013
BTE	A00014
CIL	A00015

Partie IV : Cas pratique

GIF	A00016
ICF	A00017
LSTR	A00018
MAG	A00019
MGR	A00020
ML	A00021
MNP	A00022
NAKL	A00023
PGH	A00024
PLTU	A00025
SALIM	A00026
SCB	A00027
SFBT	A00028
SIAME	A00029
SIMPA	A00030
SIPHA	A00031
SITS	A00032
SKONA	A00033
SOMOC	A00034
SOPAT	A00035
SOTET	A00036
SPDIT	A00037
STAR	A00038
STB	A00039
STEQ	A00040
STPIL	A00041
TAIR	A00042
TINV	A00043
TJARI	A00044
TJL	A00045
TLAIT	A00046
TLNET	A00047
TLS	A00048
TPR	A00049
TRE J	A00050
UBCI	A00051
UIB	A00052
WIFAK	A00053

Tableau 31: Notation des critères (par le logiciel ELECTRE TRI)

Critère (Ratio)	Notation
R1	Cr01
R2	Cr02
R3	Cr03
R4	Cr04
R5	Cr05
R6	Cr06
R7	Cr07

Tableau 32 : Performances des alternatifs

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimi.bdf]

File Edit Results Window Help

Performances of Alternatives

	Cr01	Cr02	Cr03	Cr04	Cr05	Cr06	Cr07
A0001	0.00754	1.10553	3.65	0.5136	0.86523	4232	0.012
A0002	0.0594	1.56754	1.68789	0.98464	1.145	87464	0.145
A0003	0.19236	1.77978	1.99247	0.59239	1.145	48239	0.321
A0004	0.14526	0.98883	1.4147	0.62232	0.01494	51232	0.215
A0005	0.23872	2.10289	0.20376	0.14581	0.32534	35812	0.165
A0006	0.21087	1.61034	0.704	0.61782	0.08947	5278	0.147
A0007	0.1572	1.43	1.26	0.11015	0.04184	1511	0.4
A0008	0.58486	1.02999	0.55	0.4178	0.01531	327	0.056
A0009	0.15385	9.01205	0.06987	0.62731	0.03642	5162	0.258
A0010	0.03327	1.32116	0.73	0.24707	0.05698	1370	0.064
A0011	0.07712	1.06129	0.68	0.6558	0.06421	447	0.021
A0012	0.03885	1.18066	0.05	0.3615	0.15832	2505	0.045
A0013	0.11569	1.13757	0.62	0.4805	0.6651	703	0.067
A0014	0.01848	1.72899	0.97	0.446	0.02862	335	0.058
A0015	0.17745	2.36371	1.26	0.68359	0.09162	57248	0.025
A0016	0.02402	3.75224	2.64616	0.67695	0.25424	5655	0.014
A0017	0.06443	1.67554	1.33618	0.24128	0.03601	13111	0.078
A0018	-0.6052	0.91187	0.10877	-0.2483	0.0476	-1372	0.025
A0019	0.29555	0.82362	0.23963	0.20287	0.0781	10178	0.064
A0020	-0.0089	0.28206	7.92596	-0.2253	0.0942	-142	0.074
A0021	0.00892	0.24407	0.06863	0.45213	0.02461	2301	0.082
A0022	0.10791	0.68496	0.40044	0.85649	0.0363	7332	0.064
A0023	0.23825	1.28833	0.33184	0.13368	0.025	2246	0.423
A0024	0.14247	3.19606	1.79708	0.33438	0.15609	11347	0.143
A0025	0.15834	2.55718	0.98861	0.21889	0.09501	1076	0.312
A0026	0.12352	1.1	0.02	0.31314	0.23212	20201	0.277
A0027	0.04043	3.31689	1.81	0.56914	0.06133	4592	0.185
A0028	0.20274	1.53585	1.36	0.75619	0.0552	6431	0.02
A0029	0.03959	2.36322	0.57	0.1337	0.10331	2160	2.109
A0030	0.06326	3.67523	0.78	0.2812	0.01609	1701	0.131
A0031	0.01389	1.84306	0.95	0.77602	0.0541	552	0.21

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimi.bdf]

File Edit Results Window Help

Performances of Alternatives

	Cr01	Cr02	Cr03	Cr04	Cr05	Cr06	Cr07
A0023	0.23825	1.28833	0.33184	0.13368	0.025	2246	0.423
A0024	0.14247	3.19606	1.79708	0.33438	0.15609	11347	0.143
A0025	0.15834	2.55718	0.98861	0.21889	0.09501	1076	0.312
A0026	0.12352	1.1	0.02	0.31314	0.23212	20201	0.277
A0027	0.04043	3.31689	1.81	0.56914	0.06133	4592	0.185
A0028	0.20274	1.53585	1.36	0.75619	0.0552	6431	0.02
A0029	0.03959	2.36322	0.57	0.1337	0.10331	2160	2.109
A0030	0.06326	3.67523	0.78	0.2812	0.01609	1701	0.131
A0031	0.01389	1.84306	0.95	0.77602	0.0541	552	0.21
A0032	0.00091	1.84855	0.34	0.3905	0.05832	601	0.044
A0033	0.05092	2.92498	0.29	0.18124	0.0672	3004	0.062
A0034	0.034	1.00693	0.15	0.26522	0.03534	2411	0.079
A0035	0.03685	1.18078	0.86718	0.12405	0.09107	98	0.097
A0036	-0.0099	1.98385	0.24079	-0.4576	0.5121	-251	0.025
A0037	0.17765	1.08481	2.67395	0.85144	0.02721	654	0.645
A0038	0.0719	0.98	0.04964	0.13401	0.13223	329	0.854
A0039	0.01537	1.13175	1.03	0.1344	0.05421	122	0.914
A0040	-1.9394	0.75102	0.21502	-0.4472	0.01521	-87	0.431
A0041	0.11789	2.30028	3.33778	0.28606	0.06525	126	0.351
A0042	-0.2379	0.59083	1.1196	-0.189	0.0881	-72	0.201
A0043	0.16771	5.19956	1.69399	0.12314	0.0731	97	0.149
A0044	0.07971	1.06308	0.89	0.4351	0.03432	85	0.095
A0045	0.20687	9.1583	2.36	0.4713	0.16425	342	0.122
A0046	-0.0824	1.02239	0.06994	-0.316	0.02128	-76	0.241
A0047	0.19242	6.35709	2.57224	0.64026	0.03857	548	0.324
A0048	0.07962	9.68248	0.09419	0.61367	0.09232	264	0.621
A0049	0.13962	3.48481	0.91077	0.10144	0.06967	91	0.054
A0050	0.165	0.97	0.01631	0.231	0.07098	109	0.061
A0051	0.06229	1.08018	0.35	0.2147	0.06781	145	0.301
A0052	0.19151	1.13688	0.46	0.1943	0.60521	2182	0.058
A0053	0.11322	7.19387	0.0657	0.23252	0.03353	1450	0.091

L'application de cette méthode consiste à établir des seuils de tolérance qui permettront de trier les alternatifs et les classer dans trois catégories prédéfinies :

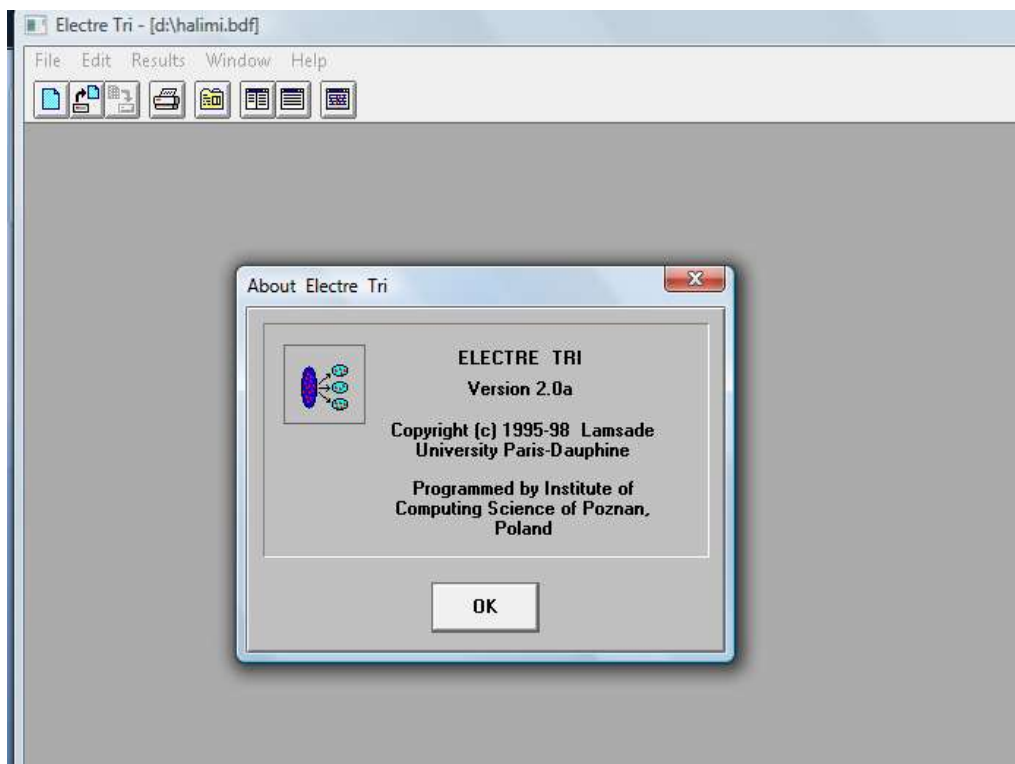
La catégorie 3 correspondant aux actions les plus attractives ;

La catégorie 2 correspondant aux actions à analyser de plus près ;

La catégorie 1 qui correspond aux actions à rejeter.

Puis introduire les données dans le logiciel ELECTRE TRI 2.0a¹ et ce pour affecter ces différentes actions dans les dites catégories

Figure 22: Interface du logiciel ELECTRE TRI



Les profils de références utilisés, les paramètres définissant (pour chaque critère et chaque profil) le modèle de représentation du système de préférence du gestionnaire de portefeuille sont présentés dans les tableaux qui suivent.

Les critères d'évaluations retenus sont les mêmes critères utilisés au paravent.

¹ Le logiciel ELECTRE TRI, version 2.0a, copyright © 1995-98 Lamsade. University Paris Dauphine. Programmed by Institute of Computing science of Poznan Poland

b. Conception des profils de référence :

L'affectation des différentes actions aux différentes catégories est basée sur la comparaison de la performance de ces actions à celle jugée normative et assignée aux profils frontières (séparant les catégories) de référence. Puisque le nombre de catégorie est de l'ordre de trois, les profils de référence à définir seront deux (des profils frontières).

Grâce à l'aide fournie par les professeurs : Carlos ebana De Costa, Alexander Angau , et l'informaticien (responsable de l'accès aux logiciels sur l'université Paris Dauphine) Brice Mayag et aux statistiques calculées précédemment, nous avons conçu ces profils frontières de référence (qui sont au nombre de deux) tels que $Pro01 > Pro02$ et donc trois catégories ordonnées de performances possibles $3 > 2 > 1$. La procédure d'affectation pessimiste procède au classement comme suit :

- *$Ai S Pro01$ alors Ai est affectée à la catégorie 3*: l'action Ai surclasse le profil 01 qui est le profil haut ou supérieur alors l'action sera affectée à la catégorie 3 qui représente l'ensemble des actions attractives.
- *$Ai S Pro02$, mais non $Ai S Pro01$ alors Ai est affectée à la catégorie 2* : l'action Ai surclasse le profil 02 qui le profil bas ou inférieur mais ne surclasse pas le profil 01 qui est le profil haut ou supérieur, alors l'action sera affectée à la catégorie 2 qui représente l'ensemble des actions à analyser.
- *Non $Ai S Pro02$ alors Ai est affectée à la catégorie 1* : l'action Ai ne surclasse pas le profil 02 qui le profil bas ou inférieur alors l'action sera affectée à la catégorie 1 qui représente l'ensemble des actions à rejeter.

Il faut détenir les informations inter-critères qui sont l'importance relative des critères et leurs seuils de veto. C'est derniers auront pour effet d'interdire dans la procédure pessimiste, le tri d'un alternatif dans une catégorie si pour au moins un critère, l'évaluation est en faveur du profil bas de cette catégorie avec un écart supérieur à la valeur du seuil de veto correspondant.

Comme le seuil de coupe λ représente le nombre minimum de critères qui doivent être favorables au sur-classement, le seuil de coupe raisonnable se situe donc dans la plage qui va

de (0.55, 0.64, 0.73, 0.82, 0.91, 1) représentant successivement 6 critères favorables, 7, 8, 9, 10 critères et l'unanimité. Nous pensons que prendre comme seuil de base $\lambda = 0.76$ le seuil par défaut que donne le logiciel serait tout à fait sage.

VII.2.3.2.2. Application de la méthode ELECTRE TRI et analyse des résultats :

VII.2.3.2.2.1. Application de la méthode ELECTRE TRI :

Nous retenons uniquement la procédure d'affectation pessimiste pour la bonne raison suivante : elle ne va affecter dans les bonnes catégories que les actions dont les qualités sont solidement établies, rejetant celles qui peuvent présenter un doute dans les mauvaises catégories. Son utilisation intéresse un décideur qui désire conserver une prudence.

A notre avis le pessimisme du décideur (investisseur) doit être basé sur le postulat suivant : « les entreprises cotées en bourse ont tendance à mieux habiller leurs bilans et présenter une bonne image par rapport à ce qu'il ne paraît réellement », donc c'est l'affectation pessimiste qui fera l'affaire.

Les résultats de la procédure d'affectation pessimiste aux catégories et au seuil de coupe de référence $\lambda = 0.76$ sont les suivants

Tableau 33: Profils de référence

	Profil haut (Pr01)	Profil bas (Pr02)
R1	0.18	0.14
R2	1.5	1
R3	1	0.6
R4	0.011	0.004
R5	0.08	0.041
R6	800	200
R7	0.19	0.09

Partie IV : Cas pratique

Tableau 34: Paramètres du profil haut

	Poids	Seuil d'indifférence	Seuil de préférence	Seuil de veto
R1	1	0.02	0.05	0.1
R2	1	0.1	0.3	0.75
R3	1	0.1	0.3	0.6
R4	1	0.001	0.003	0.011
R5	1	0.01	0.03	0.08
R6	1	50	150	700
R7	1	0.02	0.05	0.26

Tableau 35: Paramètres du profil bas:

	Poids	Seuil d'indifférence	Seuil de préférence	Seuil de veto
R1	1	0.02	0.05	0.5
R2	1	0.1	0.3	2.88
R3	1	0.1	0.3	9.4
R4	1	0.001	0.003	0.11
R5	1	0.01	0.03	1.235
R6	1	50	150	10762
R7	1	0.02	0.05	5

En l'absence du décideur pour le choix du système de poids relatifs, le système utilisé dans ELECTRE TRI correspond à une équi-pondération. Les seuils d'indifférence et de préférence étant des seuils de perception, les différences entre ces seuils pour les deux profils ne sont pas importantes. Les seuils de veto sont de nature différente, ils ont notamment pour effet d'interdire, dans la procédure pessimiste, le tri d'une action dans une catégorie si, pour au moins un critère, l'évaluation est en faveur du profil bas de cette catégorie avec un écart supérieur à la valeur du seuil de veto correspondant. La catégorie attractive ayant été conçue de manière à n'intégrer que des actions qui peuvent être considérées a priori comme suffisamment attrayantes pour être intégrées dans le portefeuille, nous avons décidé d'utiliser

des seuils de veto pour le profil haut afin d'exclure de cette catégorie, dans le cas pessimiste, les actions présentant pour un ou plusieurs critères une évaluation particulièrement faible. Par contre, la catégorie « à analyser » ayant été conçue de manière à intégrer des actions dont la valeur incertaine demande un examen approfondi, la présence de seuils de veto « actifs » sur le profil bas ne paraît pas justifiée. Ceux-ci sont fixés à une valeur proche du maximum du critère correspondant, il s'agit d'ailleurs de la valeur par défaut du seuil de veto, de sorte qu'aucun critère ne puisse faire veto.

La valeur par défaut du niveau de coupe $\lambda = 0.76$ est la valeur que nous avons décidé d'utiliser, les résultats des affectations pessimiste et optimiste (par catégorie, par alternatifs la plus intéressante d'ailleurs) sont représentés dans ce qui suit :

Tableau 36: Affectation par alternatifs

Catégories	$\lambda = 0.76$
3	X3, X7, X15, X24, X25
2	X2, X4, X5, X6, X8, X9, X10, X13, X14, X17, X19, X23, X26, X27, X28, X29, X31, X35, X37, X39, X41, X43, X44, X45, X47, X49, X52, X53
1	X1, X11, X12, X16, X18, X20, X21, X22, X30, X32, X33, X34, X36, X38, X40, X42, X46, X48, X50, X51

On peut tirer les conclusions suivantes :

1. Cinq actions peuvent être qualifiées d'action attractive (les actions X3, X7, X15, X24, X25).
2. La catégorie 2 regroupe X2, X4, X5, X6, X8, X9, X10, X13, X14, X17, X19, X23, X26, X27, X28, X29, X31, X35, X37, X39, X41, X43, X44, X45, X47, X49, X52, X53.
3. La catégorie 1 regroupe : X1, X11, X12, X16, X18, X20, X21, X22, X30, X32, X33, X34, X36, X38, X40, X42, X46, X48, X50, X51.

a. Affectation par catégorie :

- **Catégorie des actions attractives :**

Tableau 37: Catégorie attractive

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimibdf]

File Edit Results Window Help

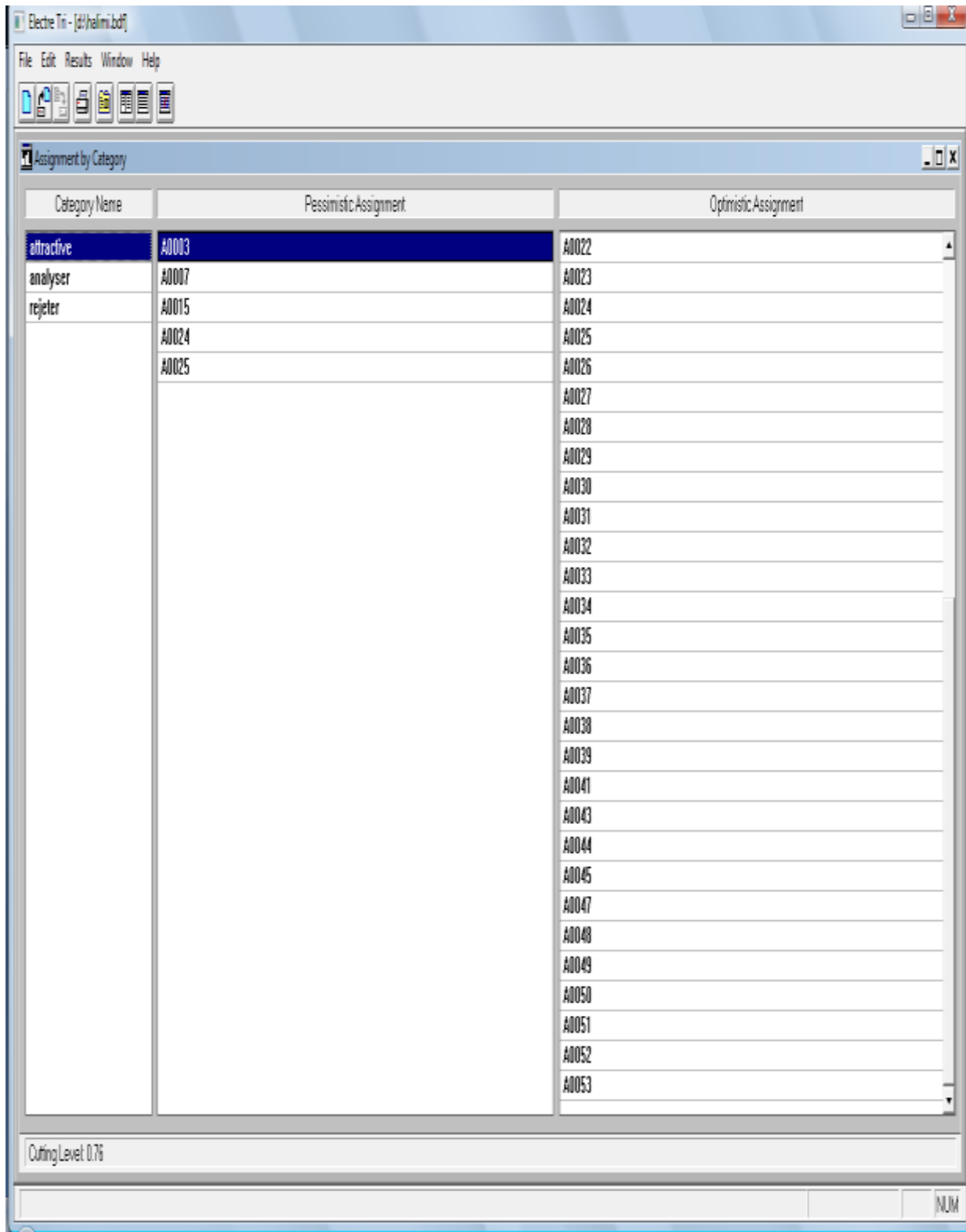
Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0001
analyser	A0007	A0002
rejeter	A0015	A0003
	A0024	A0004
	A0025	A0005
		A0006
		A0007
		A0008
		A0009
		A0010
		A0011
		A0012
		A0013
		A0014
		A0015
		A0016
		A0017
		A0019
		A0020
		A0021
		A0022
		A0023
		A0024
		A0025
		A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030
		A0031

Cutting Level: 0.76

NUM

Partie IV : Cas pratique



The screenshot shows a software window titled "Assignment by Category" with a menu bar (File, Edit, Results, Window, Help) and a toolbar. The main area contains a table with three columns: "Category Name", "Pessimistic Assignment", and "Optimistic Assignment". The "attractive" category is selected, and its assignments are listed in the other two columns. The "Cutting Level" is set to 0.76.

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0013	A0022
analyser	A0007	A0023
rejeter	A0015	A0024
	A0024	A0025
	A0025	A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030
		A0031
		A0032
		A0033
		A0034
		A0035
		A0036
		A0037
		A0038
		A0039
		A0041
		A0043
		A0044
		A0045
		A0047
		A0048
		A0049
		A0050
		A0051
		A0052
		A0053

Cutting Level: 0.76

- **Catégorie des actions à analyser :**
Tableau 38: Catégorie à analyser

Partie IV : Cas pratique

The screenshot shows a software application window with a menu bar (File, Edit, Results, Window, Help) and a toolbar. The main window is titled 'Assignment by Category' and contains a table with three columns: 'Category Name', 'Pessimistic Assignment', and 'Optimistic Assignment'. The 'Category Name' column lists 'attractive', 'analyser', and 'rejeter'. The 'Pessimistic Assignment' column lists various IDs from A0002 to A0053. The 'Optimistic Assignment' column contains the ID A0042. A status bar at the bottom indicates 'Cutting Level: 0.76' and a 'NUM' label.

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0002	A0042
analyser	A0004	
rejeter	A0005	
	A0006	
	A0008	
	A0009	
	A0010	
	A0013	
	A0014	
	A0017	
	A0019	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0028	
	A0029	
	A0031	
	A0035	
	A0037	
	A0039	
	A0041	
	A0043	
	A0044	
	A0045	
	A0047	
	A0049	
	A0052	
	A0053	

Cutting Level: 0.76

NUM

- Catégorie d'actions à rejeter :

Tableau 39: Catégorie d'actions à rejeter

The screenshot shows a software window titled "Electre Tri - [d:\halim\bof]" with a menu bar (File, Edit, Results, Window, Help) and a toolbar. The main area displays a table titled "Assignment by Category". The table has three columns: "Category Name", "Pessimistic Assignment", and "Optimistic Assignment".

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0001	A0018
analyser	A0011	A0040
rejeter	A0012	A0046
	A0016	
	A0018	
	A0020	
	A0021	
	A0022	
	A0030	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0036	
	A0038	
	A0040	
	A0042	
	A0046	
	A0048	
	A0050	
	A0051	

At the bottom of the window, there is a status bar showing "Cutting Level: 0.76" and a "NUM" button.

- b. Affectation par alternatifs :

Tableau 40: Affectation par alternatifs

Partie IV : Cas pratique

Electre Tn - [d:\halimibdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Alternative

Alternative Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
A0001	rejeter	attractive
A0002	analyser	attractive
A0003	attractive	attractive
A0004	analyser	attractive
A0005	analyser	attractive
A0006	analyser	attractive
A0007	attractive	attractive
A0008	analyser	attractive
A0009	analyser	attractive
A0010	analyser	attractive
A0011	rejeter	attractive
A0012	rejeter	attractive
A0013	analyser	attractive
A0014	analyser	attractive
A0015	attractive	attractive
A0016	rejeter	attractive
A0017	analyser	attractive
A0018	rejeter	rejeter
A0019	analyser	attractive
A0020	rejeter	attractive
A0021	rejeter	attractive
A0022	rejeter	attractive
A0023	analyser	attractive
A0024	attractive	attractive
A0025	attractive	attractive
A0026	analyser	attractive
A0027	analyser	attractive
A0028	analyser	attractive
A0029	analyser	attractive
A0030	rejeter	attractive

Cutting Level: 0.76

NUM

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimibdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Alternative

Alternative Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
A0025	attractive	attractive
A0026	analyser	attractive
A0027	analyser	attractive
A0028	analyser	attractive
A0029	analyser	attractive
A0030	rejeter	attractive
A0031	analyser	attractive
A0032	rejeter	attractive
A0033	rejeter	attractive
A0034	rejeter	attractive
A0035	analyser	attractive
A0036	rejeter	attractive
A0037	analyser	attractive
A0038	rejeter	attractive
A0039	analyser	attractive
A0040	rejeter	rejeter
A0041	analyser	attractive
A0042	rejeter	analyser
A0043	analyser	attractive
A0044	analyser	attractive
A0045	analyser	attractive
A0046	rejeter	rejeter
A0047	analyser	attractive
A0048	rejeter	attractive
A0049	analyser	attractive
A0050	rejeter	attractive
A0051	rejeter	attractive
A0052	analyser	attractive
A0053	analyser	attractive

CuttingLevel: 0.76

NUM

Selon cette affectation l'ensemble de 44 alternatifs changent de catégorie selon la procédure d'affectation considérée (pessimiste ou optimiste). Dont 27 alternatifs sont affectés à la catégorie « à analyser » par la procédure pessimiste et à la catégorie attractive par la procédure optimiste ce qui signifie que ces alternatifs sont préférés au profil bas et incomparables avec le profil haut, ils peuvent être considérés comme relativement attractifs. 16 alternatifs sont affectés à la catégorie à rejeter par la procédure d'affectation pessimiste et à la catégorie attractive par la procédure optimiste, ces alternatifs sont donc incomparables avec les deux profils à la fois, il s'agit donc des alternatifs qui présentent une évaluation multicritère contractée et dont l'affectation est difficile.

Un alternatif est affectés à la catégorie à rejeter par la procédure d'affectation pessimiste et à la catégorie à analyser par la procédure d'affectation optimiste cela signifie que le profil haut est préféré à cet alternatif et qu'il est incomparable avec le profil bas, cet alternatif peut donc être considéré comme peu attractif.

c. Comparaison par profils (la performance des actions par rapports à leurs profils – haut et bas) :

Tableau 41: Comparaison par profils

Partie IV : Cas pratique

The screenshot shows a software window titled 'Electre Tri - [d:\halimi.bdf]'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Results', 'Window', and 'Help'. Below the menu is a toolbar with icons for file operations. The main area displays a 'Comparison to Profile' window containing a table with the following data:

	Pr02	Pr01
A0001	R	R
A0002	>	R
A0003	>	>
A0004	>	R
A0005	>	R
A0006	>	R
A0007	>	>
A0008	>	R
A0009	>	R
A0010	>	R
A0011	R	R
A0012	R	R
A0013	>	R
A0014	>	R
A0015	>	>
A0016	R	R
A0017	>	R
A0018	<	<
A0019	>	R
A0020	R	R
A0021	R	R
A0022	R	R
A0023	>	R
A0024	>	>
A0025	>	>
A0026	>	R
A0027	>	R
A0028	>	R
A0029	>	R
A0030	R	R
A0031	>	R

The screenshot shows a software window titled 'Electre Tri - [d:\halimi.bdf]' with a menu bar (File, Edit, Results, Window, Help) and a toolbar. The main window is titled 'Comparison to Profile' and contains a table with the following data:

	Pr02	Pr01
A0023	>	R
A0024	>	>
A0025	>	>
A0026	>	R
A0027	>	R
A0028	>	R
A0029	>	R
A0030	R	R
A0031	>	R
A0032	R	R
A0033	R	R
A0034	R	R
A0035	>	R
A0036	R	R
A0037	>	R
A0038	R	R
A0039	>	R
A0040	<	R
A0041	>	R
A0042	R	<
A0043	>	R
A0044	>	R
A0045	>	R
A0046	<	<
A0047	>	R
A0048	R	R
A0049	>	R
A0050	R	R
A0051	R	R
A0052	>	R
A0053	>	R

À l'intersection de la ligne correspondant à l'action « a » est de la colonne relative au profil haut ou bas, on aura :

- > si l'action « a » est mieux classée par rapport au profil haut ou bas.
- R si l'action « a » est mieux selon un profil et si on a l'inverse dans selon l'autre profil.
- < si l'action « a » est moins bien classée par rapport au profil haut ou bas.

d. Les degrés de crédibilité des alternatifs selon les profils:

Tableau 42: Degrés de crédibilité des alternatives selon les profils

	Pr02	Pr01
A0001	0.714	0.000
A0002	0.857	0.000
A0003	1.000	1.000
A0004	0.885	0.541
A0005	0.857	0.000
A0006	1.000	0.751
A0007	1.000	0.844
A0008	0.821	0.036
A0009	0.857	0.000
A0010	0.829	0.000
A0011	0.714	0.000
A0012	0.595	0.000
A0013	0.965	0.361
A0014	0.783	0.000
A0015	0.857	0.857

Partie IV : Cas pratique

The screenshot shows a software window titled "Electre Tri - [d:\halimi.bdf]". The menu bar includes "File", "Edit", "Results", "Window", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for file operations. The main window displays a table titled "Degrees of Credibility". The table has three columns: an identifier column (A0016 to A0030), a "Pr02" column, and a "Pr01" column. Each identifier row contains two data points, one for Pr02 and one for Pr01. The values are displayed in bold black text.

	Pr02	Pr01
A0016	0.714	0.000
	0.000	0.000
A0017	0.857	0.000
	0.000	0.000
A0018	0.000	0.000
	1.000	1.000
A0019	0.774	0.000
	0.000	0.000
A0020	0.000	0.000
	0.570	0.000
A0021	0.526	0.000
	0.000	0.000
A0022	0.700	0.000
	0.000	0.000
A0023	0.837	0.000
	0.000	0.000
A0024	1.000	0.788
	0.000	0.000
A0025	1.000	0.992
	0.000	0.000
A0026	0.857	0.000
	0.000	0.000
A0027	0.857	0.000
	0.000	0.000
A0028	0.857	0.751
	0.000	0.000
A0029	0.857	0.000
	0.000	0.000
A0030	0.751	0.000
	0.000	0.000

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimi.bdf]

File Edit Results Window Help

Degrees of Credibility

	Pr02	Pr01
A0031	0.857	0.000
	0.000	0.000
A0032	0.619	0.000
	0.000	0.000
A0033	0.676	0.000
	0.000	0.000
A0034	0.714	0.000
	0.000	0.000
A0035	0.783	0.000
	0.000	0.000
A0036	0.000	0.000
	0.714	0.000
A0037	0.973	0.577
	0.000	0.000
A0038	0.714	0.000
	0.000	0.000
A0039	0.817	0.000
	0.000	0.000
A0040	0.000	0.000
	0.857	0.543
A0041	0.956	0.101
	0.000	0.000
A0042	0.000	0.000
	0.571	0.986
A0043	0.924	0.000
	0.000	0.000
A0044	0.764	0.000
	0.000	0.000
A0045	1.000	0.714
	0.000	0.000

Electre Tri - [d:\halimi.bdf]

File Edit Results Window Help

Degrees of Credibility

	Pr02	Pr01
A0039	0.817	0.000
	0.000	0.000
A0040	0.000	0.000
	0.857	0.543
A0041	0.956	0.101
	0.000	0.000
A0042	0.000	0.000
	0.571	0.986
A0043	0.924	0.000
	0.000	0.000
A0044	0.764	0.000
	0.000	0.000
A0045	1.000	0.714
	0.000	0.000
A0046	0.000	0.000
	0.857	0.857
A0047	1.000	0.714
	0.000	0.000
A0048	0.714	0.000
	0.000	0.000
A0049	0.840	0.000
	0.025	0.000
A0050	0.756	0.000
	0.000	0.000
A0051	0.743	0.000
	0.000	0.000
A0052	0.914	0.267
	0.000	0.000
A0053	0.825	0.000
	0.000	0.000

e. Statistiques de l'affectation :

Tableau 43: Statistiques de l'affectation

Category Name	Pessimistic Assignment
attractive	9 % [5 of 53]
analyser	53 % [28 of 53]
rejeter	38 % [20 of 53]

VII.2.3.2.2..2. Analyse de sensibilité des résultats :Variation de seuil de coupe

Dans ELECTRE TRI, l'affectation des actions dépend essentiellement de la valeur du niveau de coupe et de la procédure d'affectation retenue. Il est important de vérifier si les résultats sont suffisamment stables, car l'évolution de l'affectation en fonction de la valeur de λ apporte une information intéressante pour estimer avec précision les caractéristiques d'une action et la solidité de son affectation. Ainsi, l'analyse de la sensibilité (un test de robustesse) des résultats consiste en une analyse de la sensibilité des résultats obtenus si l'on modifie certains paramètres du problème. Nous avons réalisé une analyse de sensibilité en ne modifiant pas les poids des critères, mais en utilisant : des pseudos critères sans veto sur tous les profils, des pseudos-critères avec veto uniquement sur le profil haut, des vrais critères. Parmi les différents types de changement qui peuvent intervenir ceux qui consistent au passage de la troisième catégorie à la première catégorie, ou le contraire, sont plus gênants que tout autre type de changements, nous distinguons deux types de changements :

- Les changements de type I : correspondent à un écart d'une catégorie, un passage de la catégorie 3 vers 2 ou de 2 vers trois ou inversement.
- Les changements de type II : correspondent à un écart de deux catégories, un passage de la catégorie 3 vers 1 ou inversement.

Les résultats ainsi que l'importance des changements par rapport à la variation des seuils de coupe se sont révélés plus stables avec des affectations pessimistes, aux différents seuils de coupe donne les résultats qui permettent d'évaluer l'importance des changements qui sont survenus d'une affectation à une autre.

a. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.50$

Tableau 44 : Affectation pour un niveau de coupe 0.50 –Catégorie Attractive

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0001
analyser	A0004	A0002
rejeter	A0006	A0003
	A0007	A0004
	A0015	A0005
	A0024	A0006
	A0025	A0007
	A0028	A0008
	A0037	A0009
	A0045	A0010
	A0047	A0011
		A0012
		A0013
		A0014
		A0015
		A0016
		A0017
		A0019
		A0021
		A0022
		A0023
		A0024
		A0025
		A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030
		A0031

Cutting Level: 0.5

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0021
analyser	A0004	A0022
rejeter	A0006	A0023
	A0007	A0024
	A0015	A0025
	A0024	A0026
	A0025	A0027
	A0028	A0028
	A0037	A0029
	A0045	A0030
	A0047	A0031
		A0032
		A0033
		A0034
		A0035
		A0037
		A0038
		A0039
		A0041
		A0043
		A0044
		A0045
		A0047
		A0048
		A0049
		A0050
		A0051
		A0052
		A0053

Cutting Level: 0.5

Tableau 45 : Affectation pour un niveau de coupe 0.50 –Catégorie A analyser

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimi5.bdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0001	
analyser	A0002	
rejet	A0005	
	A0008	
	A0009	
	A0010	
	A0011	
	A0012	
	A0013	
	A0014	
	A0016	
	A0017	
	A0019	
	A0021	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0038	
	A0039	
	A0041	
	A0043	

Cutting Level: 0.5

Tableau 46: Affectation pour un niveau de coupe 0.50 – Catégorie A rejeter

Electre Tri - [d:\halimi5.bdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0018	A0018
analyser	A0020	A0020
rejet	A0036	A0036
	A0040	A0040
	A0042	A0042
	A0046	A0046

Cutting Level: 0.5

Partie IV : Cas pratique

Tableau 47 : Tableau : Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe $\lambda=0.50$ (pessimiste)

	niveau de coupe $\lambda =0.50$
Attractive	X3, X4, X6, X7, X15, X24, X25, X28, X37, X45, X47
A analyser	X1, X2, X5, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X16, X17, X19, X21, X22, X23, X26, X27, X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X38, X39, X41, X43, X44, X48, X49, X50, X51, X52, X53
A rejeter	X18, X20, X36, X40, X42, X46

Tableau 48 : Statistiques de l'affectation :

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	21 % [11 of 53]	89 % [47 of 53]
analyser	68 % [36 of 53]	0 % [0 of 53]
rejeter	11 % [6 of 53]	11 % [6 of 53]

Cutting Level: 0.5

b. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda =0.55$

Tableau 49 : Affectation pour un niveau de coupe 0.55 – Catégorie Attractive

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimi55.bdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0001
analyser	A0006	A0002
rejeter	A0007	A0003
	A0015	A0004
	A0024	A0005
	A0025	A0006
	A0028	A0007
	A0037	A0008
	A0045	A0009
	A0047	A0010
		A0011
		A0012
		A0013
		A0014
		A0015
		A0016
		A0017
		A0019
		A0021
		A0022
		A0023
		A0024
		A0025
		A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030
		A0031

Cutting Level: 0.55

Partie IV : Cas pratique

The screenshot shows a software window titled 'Electre Tri - [d:\halimi55.bdf]' with a menu bar (File, Edit, Results, Window, Help) and a toolbar. The main window is titled 'Assignment by Category' and contains a table with three columns: 'Category Name', 'Pessimistic Assignment', and 'Optimistic Assignment'. The 'Category Name' column lists 'attractive', 'analyser', and 'rejeeter'. The 'Pessimistic Assignment' column lists A0003, A0006, A0007, A0015, A0024, A0025, A0028, A0037, A0045, and A0047. The 'Optimistic Assignment' column lists A0021 through A0053. A status bar at the bottom indicates 'Cutting Level: 0.55'.

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0021
analyser	A0006	A0022
rejeeter	A0007	A0023
	A0015	A0024
	A0024	A0025
	A0025	A0026
	A0028	A0027
	A0037	A0028
	A0045	A0029
	A0047	A0030
		A0031
		A0032
		A0033
		A0034
		A0035
		A0037
		A0038
		A0039
		A0041
		A0043
		A0044
		A0045
		A0047
		A0048
		A0049
		A0050
		A0051
		A0052
		A0053

Tableau 50: Affectation pour un niveau de coupe 0.55 – Catégorie A analyser

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0001	
analyser	A0002	
rejet	A0004	
	A0005	
	A0008	
	A0009	
	A0010	
	A0011	
	A0012	
	A0013	
	A0014	
	A0016	
	A0017	
	A0019	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0038	
	A0039	
	A0041	
	A0043	

Cutting Level: 0.55

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0011	
analyser	A0012	
rejet	A0013	
	A0014	
	A0016	
	A0017	
	A0019	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0038	
	A0039	
	A0041	
	A0043	
	A0044	
	A0048	
	A0049	
	A0050	
	A0051	
	A0052	
	A0053	

Cutting Level: 0.55

Tableau 51: Affectation pour un niveau de coupe 0.55 – Catégorie A rejeter

Partie IV : Cas pratique

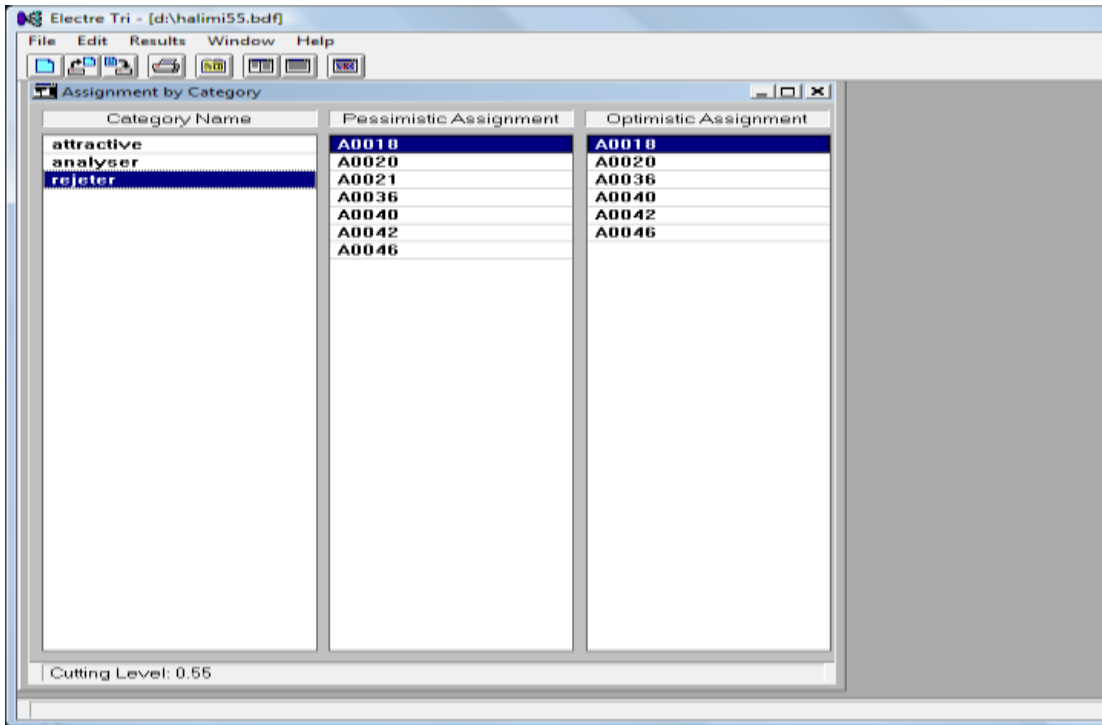
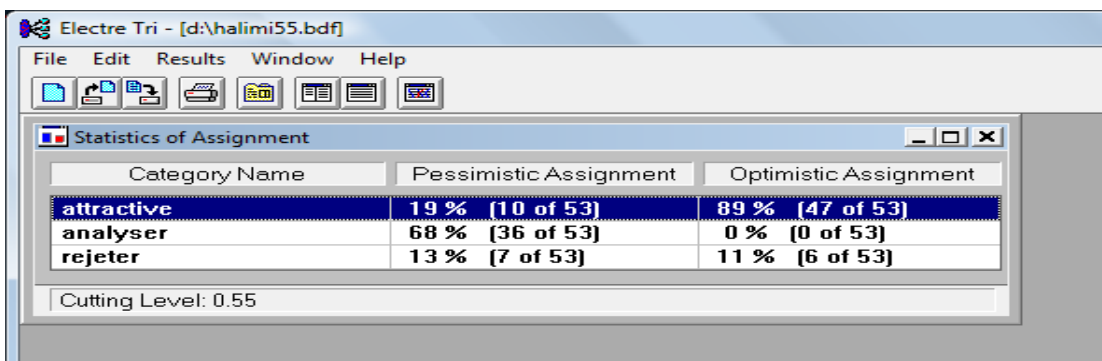


Tableau 52: Récapitulatif de l'affectation des alternatives pour un seuil de coupe $\lambda = 0.55$

	niveau de coupe $\lambda = 0.55$
Attractive	X3, X6, X7, X15, X24, X25, X28, X37, X45, X47
A analyser	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X16, X17, X19, X22, X23, X26, X27, X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X38, X39, X41, X43, X44, X48, X49, X50, X51, X52, X53
A rejetter	X18, X20, X21, X36, X40, X42, X46

Tableau 53 : Statistiques de l'affectation :



c. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.6$

Partie IV : Cas pratique

Tableau 54: Affectation pour un niveau de coupe 0.60 – Catégorie Attractive

The screenshot shows the 'Electre Tri' software interface. The main window is titled 'Assignment by Category' and contains a table with the following data:

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0001
analyser	A0006	A0002
rejeter	A0007	A0003
	A0015	A0004
	A0024	A0005
	A0025	A0006
	A0028	A0007
	A0045	A0008
	A0047	A0009
		A0010
		A0011
		A0012
		A0013
		A0014
		A0015
		A0016
		A0017
		A0019
		A0020
		A0021
		A0022
		A0023
		A0024
		A0025
		A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030

At the bottom of the window, the 'Cutting Level' is set to 0.6.

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0021
analyser	A0006	A0022
rejeter	A0007	A0023
	A0015	A0024
	A0024	A0025
	A0025	A0026
	A0028	A0027
	A0045	A0028
	A0047	A0029
		A0030
		A0031
		A0032
		A0033
		A0034
		A0035
		A0037
		A0038
		A0039
		A0041
		A0043
		A0044
		A0045
		A0047
		A0048
		A0049
		A0050
		A0051
		A0052
		A0053

Cutting Level: 0.6

Tableau 55: Affectation pour un niveau de coupe 0.60 – Catégorie A analyser

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0001	A0042
analyser	A0002	
rejeter	A0004	
	A0005	
	A0008	
	A0009	
	A0010	
	A0011	
	A0013	
	A0014	
	A0016	
	A0017	
	A0019	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0037	
	A0038	
	A0039	
	A0041	
	A0043	

Cutting Level: 0.6

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimi55.bdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0011	A0042
analyser	A0013	
rejeté	A0014	
	A0016	
	A0017	
	A0019	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0037	
	A0038	
	A0039	
	A0041	
	A0043	
	A0044	
	A0048	
	A0049	
	A0050	
	A0051	
	A0052	
	A0053	

Cutting Level: 0.6

Tableau 56: Affectation pour un niveau de coupe 0.60 – Catégorie A rejeter

Electre Tri - [d:\halimi55.bdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0012	A0018
analyser	A0018	A0036
rejeté	A0020	A0040
	A0021	A0046
	A0036	
	A0040	
	A0042	
	A0046	

Cutting Level: 0.8

Partie IV : Cas pratique

Tableau 57: Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe $\lambda = 0.6$

	niveau de coupe $\lambda = 0.6$
Attractive	X3, X6, X7, X15, X24, X25, X28, X45, X47
A analyser	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X13, X14, X16, X17, X19, X22, X23, X26, X27, X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X37, X38, X39, X41, X43, X44, X48, X49, X50, X51, X52, X53
A rejeter	X12, X18, X20, X21, X36, X40, X42, X46

Tableau 58 : Statistiques de l'affectation :

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	17 % (9 of 53)	91 % (48 of 53)
analyser	68 % (36 of 53)	2 % (1 of 53)
rejeter	15 % (8 of 53)	8 % (4 of 53)

Cutting Level: 0.6

d. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.65$

Tableau 59: Affectation pour un niveau de coupe 0.65 – Catégorie Attractive

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimi65.bdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0001
analyser	A0006	A0002
rejeter	A0007	A0003
	A0015	A0004
	A0024	A0005
	A0025	A0006
	A0028	A0007
	A0045	A0008
	A0047	A0009
		A0010
		A0011
		A0012
		A0013
		A0014
		A0015
		A0016
		A0017
		A0019
		A0020
		A0021
		A0022
		A0023
		A0024
		A0025
		A0026
		A0027
		A0028
		A0029

Cutting Level: 0.65

Electre Tri - [d:\halimi65.bdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0022
analyser	A0006	A0023
rejeter	A0007	A0024
	A0015	A0025
	A0024	A0026
	A0025	A0027
	A0028	A0028
	A0045	A0029
	A0047	A0030
		A0031
		A0032
		A0033
		A0034
		A0035
		A0037
		A0038
		A0039
		A0041
		A0043
		A0044
		A0045
		A0047
		A0048
		A0049
		A0050
		A0051
		A0052
		A0053

Cutting Level: 0.65

Partie IV : Cas pratique

Tableau 60: Affectation pour un niveau de coupe 0.65 – Catégorie A analyser

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0001	A0042
analyser	A0002	
rejeter	A0004	
	A0005	
	A0008	
	A0009	
	A0010	
	A0011	
	A0013	
	A0014	
	A0016	
	A0017	
	A0019	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0037	
	A0038	
	A0039	
	A0041	
	A0043	

Cutting Level: 0.65

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0011	A0042
analyser	A0013	
rejeter	A0014	
	A0016	
	A0017	
	A0019	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0037	
	A0038	
	A0039	
	A0041	
	A0043	
	A0044	
	A0048	
	A0049	
	A0050	
	A0051	
	A0052	
	A0053	

Cutting Level: 0.65

Tableau 61: Affectation pour un niveau de coupe 0.65 – Catégorie A rejeter

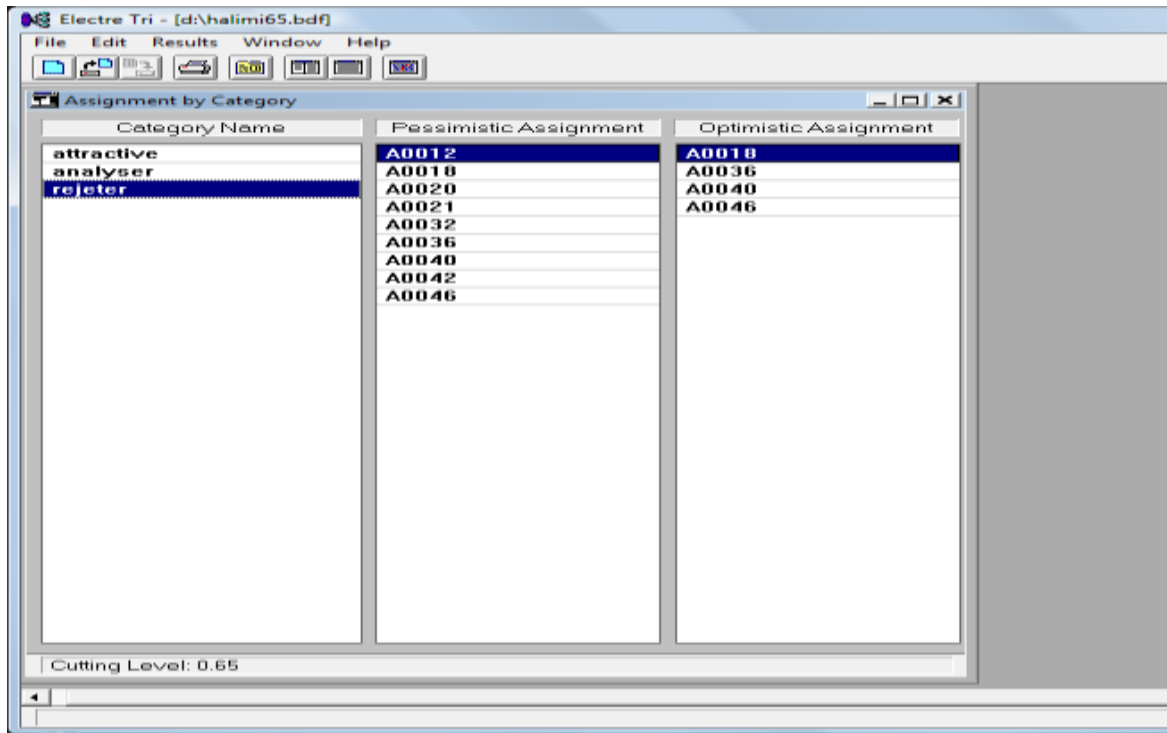


Tableau 62: Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe $\lambda = 0.65$

	niveau de coupe $\lambda = 0.65$
Attractive	X3, X6, X7, X15, X24, X25, X28, X45, X47
A analyser	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X13, X14, X16, X17, X19, X22, X23, X26, X27, X29, X30, X31, X33, X34, X35, X37, X38, X39, X41, X43, X44, X48, X49, X50, X51, X52, X53
A rejeter	X12, X18, X20, X21, X32, X36, X40, X42, X46

Tableau 63 : Statistiques de l'affectation :

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	17 % [9 of 53]	91 % [48 of 53]
analyser	66 % [35 of 53]	2 % [1 of 53]
rejeter	17 % [9 of 53]	8 % [4 of 53]

Cutting Level: 0.65

e. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 0.75$

Tableau 64: Affectation pour un niveau de coupe 0.75 – Catégorie Attractive

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0001
analyser	A0006	A0002
rejeter	A0007	A0003
	A0015	A0004
	A0024	A0005
	A0025	A0006
	A0028	A0007
		A0008
		A0009
		A0010
		A0011
		A0012
		A0013
		A0014
		A0015
		A0016
		A0017
		A0019
		A0020
		A0021
		A0022
		A0023
		A0024
		A0025
		A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030
		A0031

Cutting Level: 0.75

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0022
analyser	A0006	A0023
rejerer	A0007	A0024
	A0015	A0025
	A0024	A0026
	A0025	A0027
	A0028	A0028
		A0029
		A0030
		A0031
		A0032
		A0033
		A0034
		A0035
		A0036
		A0037
		A0038
		A0039
		A0041
		A0043
		A0044
		A0045
		A0047
		A0048
		A0049
		A0050
		A0051
		A0052
		A0053

Cutting Level: 0.75

Tableau 65: Affectation pour un niveau de coupe 0.75 – Catégorie A analyser

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0002	A0042
analyser	A0004	
rejerer	A0005	
	A0008	
	A0009	
	A0010	
	A0013	
	A0014	
	A0017	
	A0019	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0036	
	A0037	
	A0039	
	A0041	
	A0043	
	A0044	
	A0045	
	A0047	
	A0049	
	A0050	
	A0052	
	A0053	

Cutting Level: 0.75

Tableau 66: Affectation pour un niveau de coupe 0.75 – Catégorie A rejerer

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0001	A0018
analyser	A0011	A0040
rejeater	A0012	A0046
	A0016	
	A0018	
	A0020	
	A0021	
	A0022	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0036	
	A0038	
	A0040	
	A0042	
	A0046	
	A0048	
	A0051	

Cutting Level: 0.75

Tableau 67: Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe $\lambda = 0.75$

	niveau de coupe $\lambda = 0.75$
Attractive	X3, X6, X7, X15, X24, X25, X28
A analyser	X2, X4, X5, X8, X9, X10, X13, X14, X17, X19, X23, X26, X27, X29, X30, X31, , X35, X37, X39, X41, X43, X44, X45, X47, X49, X50, X52, X53
A rejeater	X1, X11, X12, X16, X18, X20, X21, X22, X32, X33, X34, X36, X38, X40, X42, X46, X48, X51

Tableau 68 : Statistiques de l'affectation :

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	13 % [7 of 53]	92 % [49 of 53]
analyser	53 % [28 of 53]	2 % [1 of 53]
rejeater	34 % [18 of 53]	6 % [3 of 53]

Cutting Level: 0.75

f. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda=0.85$

Tableau 69: Affectation pour un niveau de coupe 0.85– Catégorie Attractive

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0001
analyser	A0015	A0002
rejeter	A0025	A0003
		A0004
		A0005
		A0006
		A0007
		A0008
		A0009
		A0010
		A0011
		A0012
		A0013
		A0014
		A0015
		A0016
		A0017
		A0019
		A0020
		A0021
		A0022
		A0023
		A0024
		A0025
		A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0022
analyser	A0015	A0023
rejeter	A0025	A0024
		A0025
		A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030
		A0031
		A0032
		A0033
		A0034
		A0035
		A0036
		A0037
		A0038
		A0039
		A0041
		A0043
		A0044
		A0045
		A0047
		A0048
		A0049
		A0050
		A0051
		A0052
		A0053

Tableau 70: Affectation pour un niveau de coupe 0.85 – Catégorie A analyser

Partie IV : Cas pratique

Electre Tri - [d:\halimi85.bdf]

File Edit Results Window Help

Assignment by Category

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0002	A0042
analyser	A0004	
rejeté	A0005	
	A0006	
	A0007	
	A0009	
	A0013	
	A0017	
	A0024	
	A0026	
	A0027	
	A0028	
	A0029	
	A0031	
	A0037	
	A0041	
	A0043	
	A0045	
	A0047	
	A0052	

Cutting Level: 0.85

Tableau 71: Affectation pour un niveau de coupe 0.85 – Catégorie A rejeter

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0001	A0018
analyser	A0008	A0040
rejeté	A0010	A0046
	A0011	
	A0012	
	A0014	
	A0016	
	A0018	
	A0019	
	A0020	
	A0021	
	A0022	
	A0023	
	A0030	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0036	
	A0038	
	A0039	
	A0040	
	A0042	
	A0044	
	A0046	
	A0048	
	A0049	
	A0050	
	A0051	
	A0053	

Cutting Level: 0.85

Tableau 72: Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe $\lambda = 0.85$

	niveau de coupe $\lambda = 0.85$
Attractive	X3, X15, X25
A analyser	X2, X4, X5, X6, X7, X9, X13, X17, X24, X26, X27, X28, X29, X31, X37, X41, X43, X45, X47, X52
A rejeter	X1, X8, X10, X11, X12, X14, X16, X18, X19, X20, X21, X22, X23, X30, X32, X33, X34, X35, X36, X38, X39, X40, X42, X44, X46, X48, X49, X50, X51, X53

Tableau 73 : Statistiques de l'affectation :

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	6 % (3 of 53)	92 % (49 of 53)
analyser	38 % (20 of 53)	2 % (1 of 53)
rejeter	57 % (30 of 53)	6 % (3 of 53)

Cutting Level: 0.85

g. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda=0.9$

Tableau 74: Affectation pour un niveau de coupe 0.9 – Catégorie Attractive

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003 A0025	A0001 A0002 A0003 A0004 A0005 A0006 A0007 A0008 A0009 A0010 A0011 A0012 A0013 A0014 A0015 A0016 A0017 A0019 A0020 A0021 A0022 A0023 A0024 A0025 A0026 A0027 A0028 A0029 A0030
analyser		
rejeter		

Cutting Level: 0.9

Partie IV : Cas pratique

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0003	A0024
analyser	A0025	A0025
rejeter		A0026
		A0027
		A0028
		A0029
		A0030
		A0031
		A0032
		A0033
		A0034
		A0035
		A0036
		A0037
		A0038
		A0039
		A0040
		A0041
		A0043
		A0044
		A0045
		A0046
		A0047
		A0048
		A0049
		A0050
		A0051
		A0052
		A0053

Cutting Level: 0.9

Tableau 75: Affectation pour un niveau de coupe 0.9 – Catégorie A analyser

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0006	A0042
analyser	A0007	
rejeter	A0013	
	A0024	
	A0037	
	A0041	
	A0043	
	A0045	
	A0047	
	A0052	

Cutting Level: 0.9

Partie IV : Cas pratique

Tableau 76: Affectation pour un niveau de coupe 0.9 – Catégorie A rejeter

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0001	A0018
analyser	A0002	
rejeter	A0004	
	A0005	
	A0008	
	A0009	
	A0010	
	A0011	
	A0012	
	A0014	
	A0015	
	A0016	
	A0017	
	A0018	
	A0019	
	A0020	
	A0021	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0028	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0035	

Cutting Level: 0.9

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0017	A0018
analyser	A0018	
rejeter	A0019	
	A0020	
	A0021	
	A0022	
	A0023	
	A0026	
	A0027	
	A0028	
	A0029	
	A0030	
	A0031	
	A0032	
	A0033	
	A0034	
	A0035	
	A0036	
	A0038	
	A0039	
	A0040	
	A0042	
	A0044	
	A0046	
	A0048	
	A0049	
	A0050	
	A0051	
	A0053	

Cutting Level: 0.9

Tableau 77: Récapitulatif de l'affectation des alternatives pour un seuil de coupe $\lambda = 0.9$

Partie IV : Cas pratique

	niveau de coupe $\lambda = 0.9$
Attractive	X3, X25
A analyser	X6, X7, X13, X24, X37, X41, X43, X45, X47, X52
A rejeter	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X12, X14, X15, X16, X17, X18, X19, X20, X21, X22, X23, X26, X27, X28, X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X36, X38, X39, X40, X42, X44, X46, X48, X49, X50, X51, X53

Tableau 78 : Statistiques de l'affectation :

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	4 % [2 of 53]	96 % [51 of 53]
analyser	19 % [10 of 53]	2 % [1 of 53]
rejeter	77 % [41 of 53]	2 % [1 of 53]

Cutting Level: 0.9

h. Affectation par catégorie (pessimiste) pour un niveau de coupe $\lambda = 1$

Tableau 79: Affectation pour un niveau de coupe 1 – Catégorie Attractive

Partie IV : Cas pratique

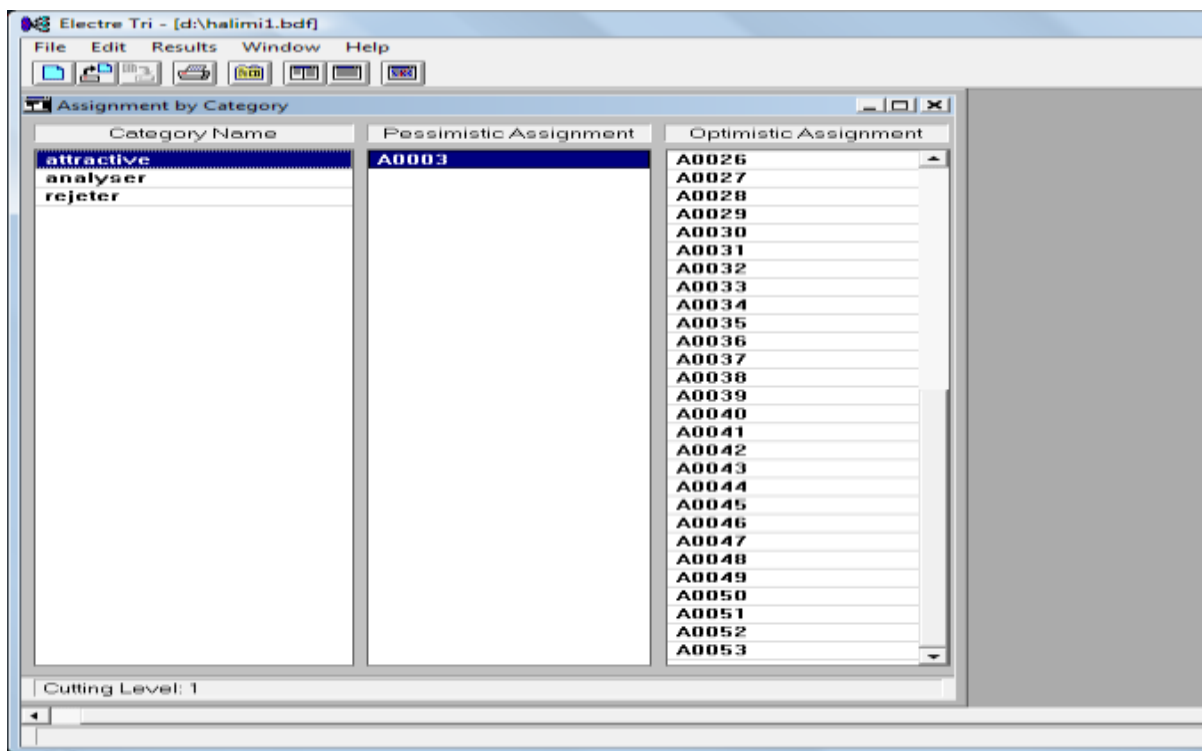
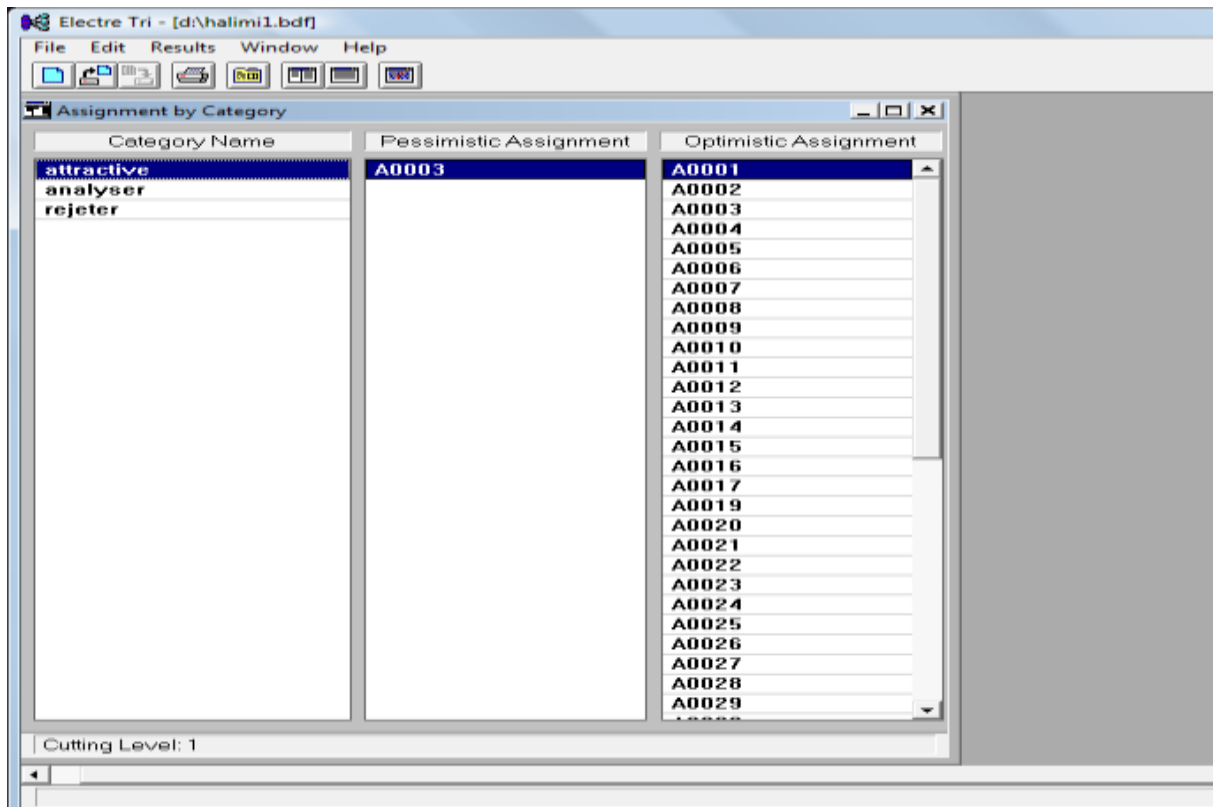


Tableau 80: Affectation pour un niveau de coupe 1 – Catégorie A analyser

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	A0006	
analyser	A0007	
	A0024	
	A0025	
	A0045	
	A0047	

Cutting Level: 1

Tableau 81: Affectation pour un niveau de coupe1– Catégorie A rejeter

Partie IV : Cas pratique

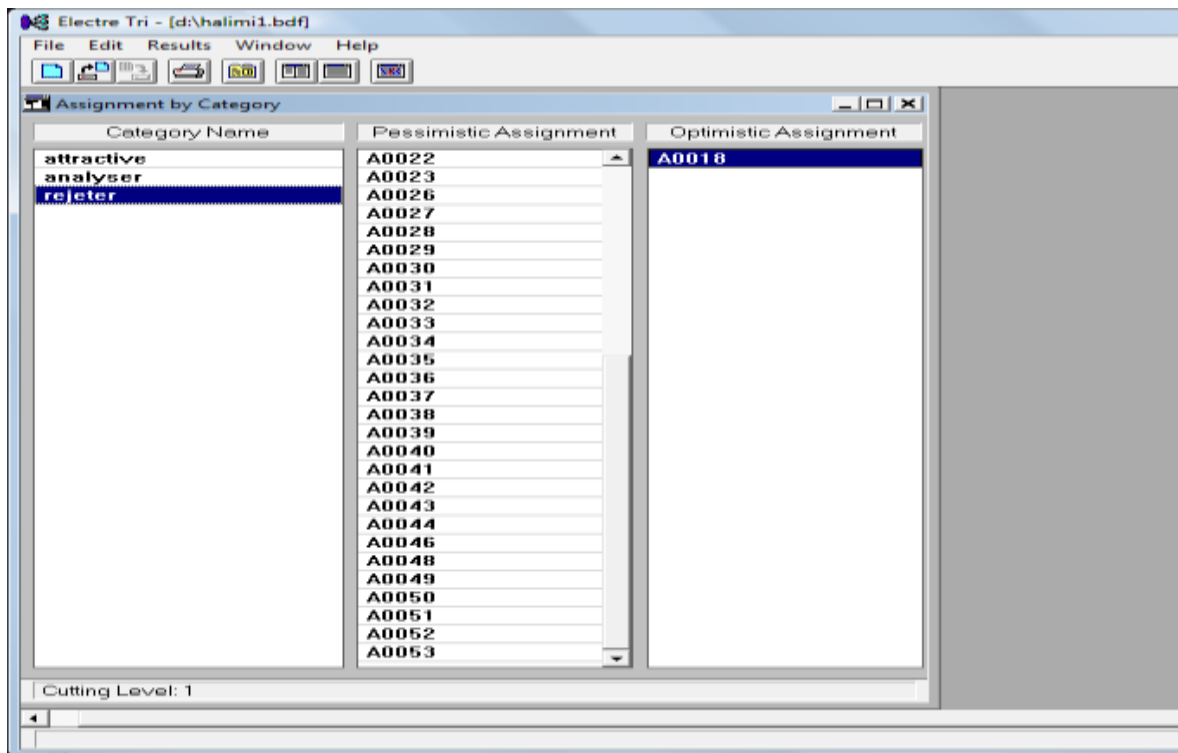
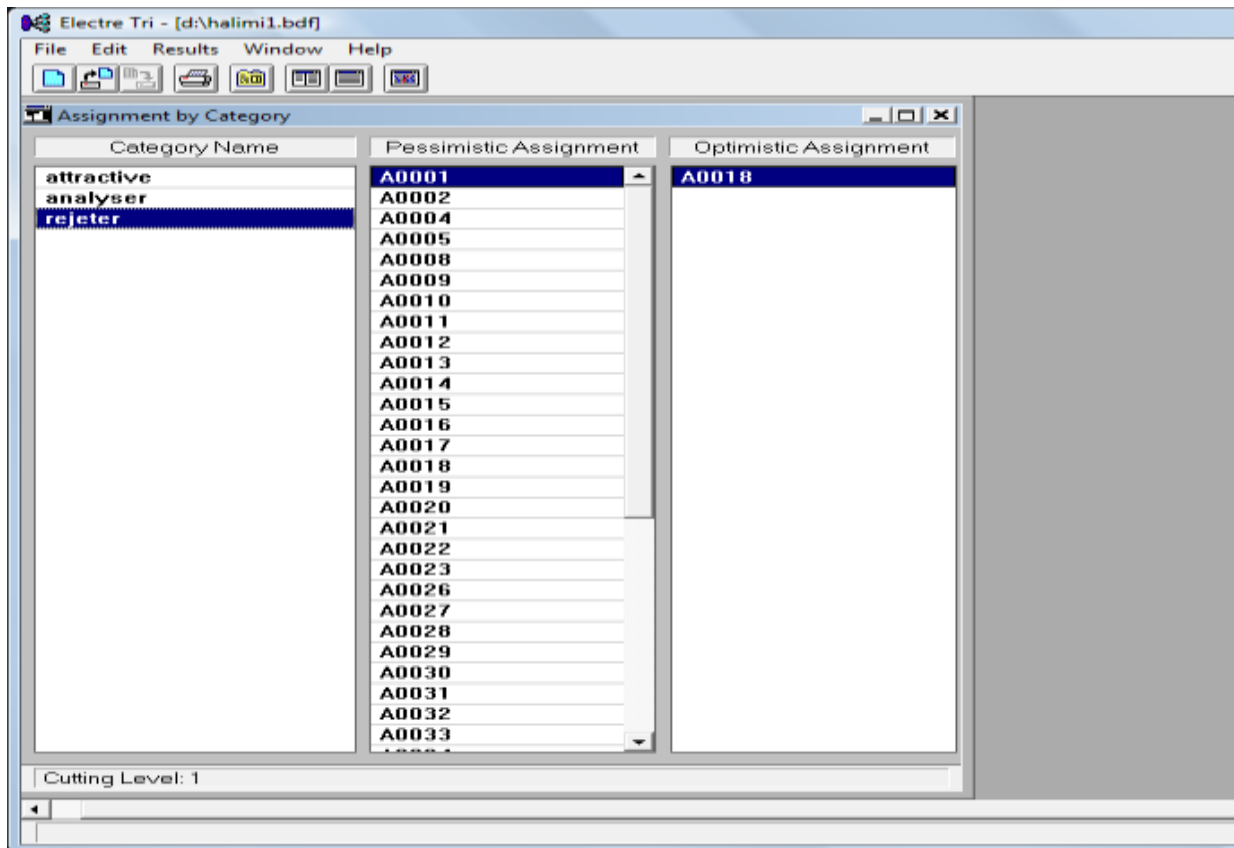


Tableau 82 : Récapitulatif de l'affectation des alternatifs pour un seuil de coupe $\lambda = 1$

Partie IV : Cas pratique

	niveau de coupe $\lambda = 1$
Attractive	X3
A analyser	X6, X7, X24, X25, X45, X47
A rejeter	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X15, X16, X17, X18, X19, X20, X21, X22, X23, X26, X27, X28, X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X36, X37, X38, X39, X40, X42, X41, X43, X44, X46, X48, X49, X50, X51, X52, X53

Tableau 83 : Statistiques de l'affectation :

Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
attractive	2 % [1 of 53]	98 % [52 of 53]
analyser	11 % [6 of 53]	0 % [0 of 53]
rejeter	87 % [46 of 53]	2 % [1 of 53]

Cutting Level: 1

Tableau 84: Récapitulatif des différentes affectations selon les différents seuils de coupe

	$\lambda = 0.5$	$\lambda = 0.55$	$\lambda = 0.6$	$\lambda = 0.65$	$\lambda = 0.75$	$\lambda = 0.85$	$\lambda = 0.9$	$\lambda = 1$
C3	X3, X4, X6, X7, X15, X24, X25, X28, X37, X45, X47	X3, X6, X7, X15, X24, X25, X28, X37, X45, X47	X3, X6, X7, X15, X24, X25, X28, X45, X47	X3, X6, X7, X15, X24, X25, X28, X45, X47	X3, X6, X7, X15, X24, X25, X28	X3, X15, X25	X3, X25	X3
C2	X1, X2, X5, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X16, X17,	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X16, X17,	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X13, X14, X16, X17, X19,	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X13, X14, X16, X17, X19, X22, X23, X26, X27, X29, X30, X31,	X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X13, X14, X17, X19, X23, X26,	X2, X4, X5, X6, X7, X9, X13, X17, X24, X26, X27, X28, X29,	X6, X7, X13, X24, X37, X41, X43, X45, X47, X52	X6, X7, X24, X25, X45, X47

Partie IV : Cas pratique

	X19, X21, X22, X23, X26, X27, X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X38, X39, X41, X43, X44, X48, X49, X50, X51, X52, X53	X19, X22, X23, X26, X27, X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X38, X39, X41, X43, X44, X48, X49, X50, X51, X52, X53	X22, X23, X26, X27, X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X37, X38, X39, X41, X43, X44, X48, X49, X50, X51, X52, X53	X33, X34, X35, X37, X38, X39, X41, X43, X44, X48, X49, X50, X51, X52, X53	X27, X29, X30, X31, X35, X37, X39, X41, X43, X44, X49, X50, X52, X53	X31, X37, X41, X43, X45, X47, X52		
C1	X18, X20, X36, X40, X42, X46	X18, X20, X21, X36, X40, X42, X46	X12, X18, X20, X21, X36, X40, X42, X46	X12, X18, X20, X21, X32, X36, X40, X42, X46	X1, X11, X12, X16, X18, X20, X21, X22, X30, X32, X33, X34, X36, X38, X40, X42, X46, X48, X51	X1, X8, X10, X11, X12, X14, X16, X18, X19, X20, X21, X22, X23, X32, X33, X34, X35, X36, X38, X39, X40, X42, X44, X46,	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X12, X14, X15, X16, X17, X18, X19, X20, X21, X22, X23, X26, X27, X28, X29, X30, X31, X32,	X1, X2, X4, X5, X8, X9, X10, X11, X12, X13, X14, X15, X16, X17, X18, X19, X20, X21, X22, X23, X26, X27, X28, X29, X30, X31,

Partie IV : Cas pratique

						X48, X49, X50, X51, X53	X33, X34, X35, X36, X38, X39, X40, X42, X44, X46, X48, X49, X50, X51, X53	X32, X33, X34, X35, X36, X37, X38, X39, X40, X42, X43, X44, X46, X48, X49, X50, X51, X52, X53
--	--	--	--	--	--	-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

L'alternatif X3 reste constamment en tête de liste en préservant sa présence dans la catégorie 3 et ce même si l'on exige une performance meilleur de l'alternatif sur tous les critères ($\lambda = 1$), a cet alternatif vient se joindre graduellement les alternatifs X25 (de C2 vers C3 pour un niveau de coupe 0.9), X15 (de C1 vers C3 pour $\lambda = 0.85$), X6, X7, X24, X 28 (de C2 vers C3 pour $\lambda = 0.75$), X45 et X47 (de C2 vers C3 pour $\lambda = 0.65$), aucun changement pour un niveau de coupe $\lambda = 0.6$, X37 (de C2 vers C3 pour $\lambda = 0.55$) et X4 (de C2 vers C3 pour $\lambda = 0.5$).

Ces alternatifs qui ont migré vers d'autres catégories peuvent être considérés comme alternatifs venant en seconde position excepté le cas de l'alternatif X15 qui a migré vers une meilleure catégorie (de C1 vers C3) et ce grâce à l'assouplissement des conditions d'affectation.

La catégorie C2 contient les alternatifs X6, X7, X24, X25, X45, X47 (pour $\lambda = 1$), ces alternatifs migreront pour un assouplissement des conditions d'affectation vers une meilleure catégorie (C3) graduellement faisant place à d'autres alternatifs qui viendront se loger (de la catégorie C1) et ce toujours à cause de la baisse du niveau de coupe λ , X13 (de C1 vers C2 pour $\lambda = 0.9$), pareil pour X37, X41, X43, X52. Pour $\lambda = 0.85$ on a X2, X4, X5, X9, X17, X26, X27, X28, X 29 et X 31 qui migrent de la catégorie C1 vers C2, pour $\lambda = 0.75$: X8, X10, X14, X19, X23, X30, X35, X39, X44, X49, X50, X53 (de C1 vers C2), pour $\lambda = 0.65$: X1,

Partie IV : Cas pratique

X11, X16, X22, X33, X34, X38, X48, X51 (de C1 vers C2), pour $\lambda = 0.6$: X32 (de C1 vers C2), pour $\lambda = 0.55$: X12 (de C1 vers C2), pour $\lambda = 0.5$: X21 (de C1 vers C2).

Pour la catégorie C1 : cette catégorie regroupe un nombre important d'alternatifs pour un niveau de coupe $\lambda = 1$ (l'unanimité), ces alternatives migreront (la majorité) graduellement vers les catégories supérieures pour des niveaux de coupe λ plus souple.

Tableau 85 : Les types d'erreurs

Type de changement (erreur)	$\lambda = 1$	$\lambda = 0.9$	$\lambda = 0.85$	$\lambda = 0.75$	$\lambda = 0.65$	$\lambda = 0.6$	$\lambda = 0.55$	$\lambda = 0.5$
I	31	27	22	12	11	3	2	1
II	0	0	1	0	0	0	0	0
Changement total	31/53	27/53	23/53	12/53	11/53	3/53	2/53	1/53

La stabilité des résultats des affectations est mesurée par au nombre et type des changements effectuées pour $\lambda = 0.75$ et $\lambda = 0.65$ (proches de la valeur de référence. La baisse de la valeur de λ correspond à 9 changements de type I et 0 changements de type II selon la procédure pessimiste cela présente des résultats assez bien puisque la sensibilité du résultat demeure faible pour des valeurs de seuil de coupe inférieure à 0.6, compte à la hausse de la valeur de λ le nombre de changements effectués devient important surtout avec un changement de type II, la sensibilité de résultat devient importante puisque la majorité des alternatives subissent des changements ce qui est tout à fait raisonnable puisque plus le niveau de coupe est élevé plus la condition de sur-classement est exigeante. On peut dire donc que la sensibilité de l'affectation dépend de la valeur initiale de λ , ceci dénote une stabilité des résultats et une robustesse de la méthodologie.

VII.2.3.3. Le recours à la programmation multiobjectifs pour l'affectation du capital

Pour finir il faudrait définir le pourcentage de contribution des alternatives choisis dans la constitution du portefeuille d'action et ce en se basant sur les résultats obtenus de l'application d'UTA+ et d'ELECTRE TRI, en l'absence d'un décideur nous choisirons dix alternatives, il s'agit des sept alternatives les mieux classés par UTA+ : AMEN BANK (X1),

SCB (X27), TJL (X46), GIF (X16), SPDIT (X37), BT (X13), ARTES (X5); auxquelles s'ajoutent trois autres alternatifs : CIL (X15), PGH (X24), PLTU (X25), ceux qui ont été affecté dans la catégorie Attractive par le logiciel ELECTRE TRI et par ces deux procédures pessimiste et optimiste.

VII.2.3.3.1. La modélisation :

Il est impérativement nécessaire de formuler un modèle de programmation linéaire multi-objectif pour la construction du portefeuille en question : les variables de décision, les fonctions objectives ainsi que les contraintes. Dans le cas actuel les variables de décision sont les proportions du capital investi dans chaque alternatif, qui seront notées X_i , sachant que i est le numéro de l'alternatif choisi. Pour construire les fonctions objectifs, le choix est tombé sur les quatre critères boursiers utilisés lors de l'évaluation multicritère des alternatifs à savoir : le rendement, la valeur absolue du bêta-1, le PER et le bénéfice par action. Pour ce qui est des contraintes, on a la contrainte budgétaire, et, pour chaque alternatif choisi, une proportion maximum de 20% et une proportion minimum de 5% du montant investi pour assurer une diversification suffisante du portefeuille

VII.2.3.3.1.1. Les fonctions objectives :

- On commence par l'objective de la maximisation du rendement où les coefficients ne sont que les rendements des alternatifs correspondants :

$$\text{MAX } g_1 = 0.471302 X_{46} + 0.5136 X_1 + 0.569142 X_{27} + 0.67695 X_{16} + 0.683596 X_{15} + 0.3343805 X_{24} + 0.21889 X_{25} + 0.851443 X_{37} + 0.4805 X_{13} + 0.1458125 X_5$$

- Le deuxième objectif est la maximisation du bénéfice (les coefficients sont les bénéfices des alternatifs correspondants) :

$$\text{MAX } g_2 = 342 X_{46} + 4232 X_1 + 4592 X_{27} + 5655 X_{16} + 57248 X_{15} + 11347 X_{24} + 1076 X_{25} + 654 X_{37} + 703 X_{13} + 35812 X_5$$

- Troisième objectif est la maximisation du 1/PER : les coefficients sont l'inverse du PER des alternatifs correspondants

$$\text{MAX } g_3 \quad 0.164251 X_{46} + 0.865235471 X_1 + 0.061331 X_{27} + 0.254241 X_{16} + 0.091623 X_{15} + 0.156092 X_{24} + 0.095011 X_{25} + 0.027213 X_{37} + 0.066514 X_{13} + 0.325348 X_5$$

- Pour garder la cohérence avec l'évaluation multicritère, il faudra définir la stratégie que suit ce gestionnaire de portefeuille, dans le cas actuel la stratégie est passive et l'objectif est de réaliser un bêta qui est égal à 1, la fonction objectif revête la forme suivante alors :

$$\text{MIN } g_4 \quad D^+ + D^-$$

Sous contrainte :

$$0.122 X_{46} + 0.012 X_1 + 0.185 X_{27} + 0.014 X_{16} + 0.025 X_{15} + 0.143 X_{24} + 0.312 X_{25} + 0.645 X_{37} + 0.067 X_{13} + 0.165 X_5 + D^+ + D^- = 1$$

VII.2.3.3.1.2. Les contraintes

- La contrainte budgétaire suppose que la totalité du budget est investie, la somme des proportions doit donc être égale à un :

$$X_{46} + X_1 + X_{27} + X_{16} + X_{15} + X_{24} + X_{25} + X_{37} + X_{13} + X_5 = 1$$

- Les contraintes correspondant au montant maximum de 20% investi et au montant minimum de 5% sur chaque alternatif sont :

$$X_{46} \leq 0.2$$

$$X_1 \leq 0.2$$

$$X_{27} \leq 0.2$$

$$X_{16} \leq 0.2$$

$$X_{15} \leq 0.2$$

$$X_{24} \leq 0.2$$

$$X_{25} \leq 0.2$$

$$X_{37} \leq 0.2$$

$$X_{13} \leq 0.2$$

$$X_5 \leq 0.2$$

$$X_{46} \geq 0.05$$

$$X_1 \geq 0.05$$

$$X_{27} \geq 0.05$$

$$X_{16} \geq 0.05$$

$$X_{15} \geq 0.05$$

$$X_{24} \geq 0.05$$

$$X_{25} \geq 0.05$$

$$X_{37} \geq 0.05$$

$$X_{13} \geq 0.05$$

$$X_5 \geq 0.05$$

VII.2.3.3.2. Solution du programme :

PROGRAMME SELON LINDO :

$$\text{MAX } g_1 \quad 0.471302 X_{46} + 0.5136 X_1 + 0.569142 X_{27} + 0.67695 X_{16} + 0.683596 X_{15} + 0.3343805 X_{24} + 0.21889 X_{25} + 0.851443 X_{37} + 0.4805 X_{13} + 0.1458125 X_5$$

$$\text{MAX } g_2 \quad 342 X_{46} + 4232 X_1 + 4592 X_{27} + 5655 X_{16} + 57248 X_{15} + 11347 X_{24} + 1076 X_{25} + 654 X_{37} + 703 X_{13} + 35812 X_5$$

$$\text{MAX } g_3 \quad 0.164251 X_{46} + 0.865235471 X_1 + 0.061331 X_{27} + 0.254241 X_{16} + 0.091623 X_{15} + 0.156092 X_{24} + 0.095011 X_{25} + 0.027213 X_{37} + 0.066514 X_{13} + 0.325348 X_5$$

$$\text{MIN } g_4 \quad D^+ + D^-$$

Partie IV : Cas pratique

$$0.122 X_{46} + 0.012 X_1 + 0.185 X_{27} + 0.014 X_{16} + 0.025 X_{15} + 0.143 X_{24} + 0.312 X_{25} + 0.645 X_{37} + 0.067 X_{13} + 0.165 X_5 + D^+ + D^- = 1$$

$$X_{46} + X_1 + X_{27} + X_{16} + X_{15} + X_{24} + X_{25} + X_{37} + X_{13} + X_5 = 1$$

SUBJECT TO

$$X_{46} \leq 0.2$$

$$X_1 \leq 0.2$$

$$X_{27} \leq 0.2$$

$$X_{16} \leq 0.2$$

$$X_{15} \leq 0.2$$

$$X_{24} \leq 0.2$$

$$X_{25} \leq 0.2$$

$$X_{37} \leq 0.2$$

$$X_{13} \leq 0.2$$

$$X_5 \leq 0.2$$

$$X_{46} \geq 0.05$$

$$X_1 \geq 0.05$$

$$X_{27} \geq 0.05$$

$$X_{16} \geq 0.05$$

$$X_{15} \geq 0.05$$

$$X_{24} \geq 0.05$$

$$X_{25} \geq 0.05$$

$$X_{37} \geq 0.05$$

$$X_{13} \geq 0.05$$

$$X_5 \geq 0.05$$

VII.2.3.3.2.1. Calcule des bornes supérieures (les valeurs max des objectifs) :

Partie IV : Cas pratique

Tableau 86: Valeurs maximales des objectifs

$$g1 = 0.5757000$$

$$g2 = 22026.85$$

$$g3 = 0.3300150$$

VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE	VARIABLE	VALUE
X46	0.050000	X46	0.050000	X46	0.100000
X1	0.100000	X1	0.050000	X1	0.200000
X16	0.200000	X16	0.100000	X16	0.200000
X15	0.200000	X15	0.200000	X15	0.050000
X24	0.050000	X24	0.200000	X24	0.050000
X25	0.050000	X25	0.050000	X25	0.050000
X37	0.200000	X37	0.050000	X37	0.050000
X13	0.050000	X13	0.050000	X13	0.050000
X5	0.050000	X5	0.200000	X5	0.200000
X27	0.050000	X27	0.050000	X27	0.050000

Les variables prennent des valeurs différentes pour chaque calcul effectué pour les différents objectifs, dans ce cas là on doit passer par le compromise programming, pour ce faire on convertit les objectifs en contraintes en leurs donnant leurs valeurs maximales déjà calculées, il s'agit ici de minimiser les déviations positive et négative cela constituera notre nouvelle fonction objectif :

$$\text{MIN } D1 + D2$$

SUBJECT TO

$$D1 + D2 = 0$$

Partie IV : Cas pratique

$$0.122 X_{46} + 0.012 X_1 + 0.185 X_{27} + 0.014 X_{16} + 0.025 X_{15} + 0.143 X_{24} + 0.312 X_{25} + 0.645 X_{37} + 0.067 X_{13} + 0.165 X_5 + D_1 + D_2 = 1$$

$$0.471X_{46} + 0.513X_1 + 0,569X_{27} + 0.676X_{16} + 0.683X_{15} + 0.334X_{24} + 0.218X_{25} + 0.851X_{37} + 0.48X_{13} + 0.145X_5 = 0.575$$

$$342 X_{46} + 4232 X_1 + 4592 X_{27} + 5655 X_{16} + 57248 X_{15} + 11347 X_{24} + 1076 X_{25} + 654 X_{37} + 703 X_{13} + 35812 X_5 = 22026.85$$

$$0.164 X_{46} + 0.865 X_1 + 0.061 X_{27} + 0.254 X_{16} + 0.091 X_{15} + 0.156 X_{24} + 0.095 X_{25} + 0.027 X_{37} + 0.066 X_{13} + 0.325 X_5 = 0.330$$

$$X_{46} + X_1 + X_{27} + X_{16} + X_{15} + X_{24} + X_{25} + X_{37} + X_{13} + X_5 = 1$$

$$X_{46} \leq 0.2$$

$$X_1 \leq 0.2$$

$$X_{27} \leq 0.2$$

$$X_{16} \leq 0.2$$

$$X_{15} \leq 0.2$$

$$X_{24} \leq 0.2$$

$$X_{25} \leq 0.2$$

$$X_{37} \leq 0.2$$

$$X_{13} \leq 0.2$$

$$X_5 \leq 0.2$$

$$X_{46} \geq 0.05$$

$$X_1 \geq 0.05$$

$$X_{27} \geq 0.05$$

$$X_{16} \geq 0.05$$

Partie IV : Cas pratique

$$X_{15} \geq 0.05$$

$$X_{24} \geq 0.05$$

$$X_{25} \geq 0.05$$

$$X_{37} \geq 0.05$$

$$X_{13} \geq 0.05$$

$$X_5 \geq 0.05$$

Figure 23: Programme sur LINDO

```
LINDO
File Edit Solve Reports Window Help
MIN D1 + D2
SUBJECT TO
D1 + D2 = 0
0.122 X46 + 0.012 X1 + 0.185 X27 + 0.014 X16 + 0.025 X15 + 0.143 X24 + 0.312 X25 + 0.645 X37 + 0.067 X13 + 0.165 X5 + D1 + D2 = 1
0.471X46 + 0.513X1 + 0.569X27 + 0.676X16 + 0.683X15 + 0.334X24 + 0.218X25 + 0.851X37 + 0.481X13 + 0.145X5 = 0.575
342 X46 + 4232 X1 + 4592 X27 + 5655 X16 + 57248 X15 + 11347 X24 + 1876 X25 + 654 X37 + 783 X13 + 35812 X5 = 22026.85
0.164 X46 + 0.065 X1 + 0.061 X27 + 0.254 X16 + 0.091 X15 + 0.156 X24 + 0.095 X25 + 0.027 X37 + 0.066 X13 + 0.325 X5 = 0.338
X46 + X1 + X27 + X16 + X15 + X24 + X25 + X37 + X13 + X5 = 1
X46 <= 0.2
X1 <= 0.2
X27 <= 0.2
X16 <= 0.2
X15 <= 0.2
X24 <= 0.2
X25 <= 0.2
X37 <= 0.2
X13 <= 0.2
X5 <= 0.2
X46 >= 0.05
X1 >= 0.05
X27 >= 0.05
X16 >= 0.05
X15 >= 0.05
X24 >= 0.05
X25 >= 0.05
X37 >= 0.05
X13 >= 0.05
X5 >= 0.05
```

VII.2.3.3.2.2. Résultats:

Figure 24: Solution du programme par le logiciel LINDO

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.8727211

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
D1	0.872721	0.000000
D2	0.000000	0.000000
X46	0.000000	0.046870
X1	0.167337	0.000000
X27	0.050000	0.000000
X16	0.050000	0.000000
X15	0.200000	0.000000
X24	0.182663	0.000000
X25	0.050000	0.000000
X37	0.050000	0.000000
X13	0.050000	0.000000
X5	0.200000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	-0.872721	-1.000000
3)	0.000000	-1.000000
4)	0.151297	-1.000000
5)	0.000000	-0.000100
6)	0.000000	-1.000000
7)	0.000000	1.000000
8)	0.200000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.150000	0.000000
11)	0.150000	0.000000
12)	0.000000	5.000000
13)	0.017337	0.000000
14)	0.250000	0.000000
15)	0.150000	0.000000
16)	0.150000	0.000000
17)	0.000000	2.000000
18)	-0.050000	-1.000000
19)	0.117337	0.000000

Partie IV : Cas pratique

UNDO
File Edit Solve Reports Window Help

Reports Window

28)	0.000000	-1.185698
21)	0.000000	-0.294600
22)	0.150000	0.000000
23)	0.132663	0.000000
24)	0.000000	-1.100783
25)	0.000000	-0.207681
26)	0.000000	-1.152460
27)	0.150000	0.000000

NO. ITERATIONS= 10

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
B1	1.000000	0.000000	1.000000
B2	1.000000	INFINITY	0.000000
X46	0.000000	INFINITY	0.000000
X1	0.000000	0.000000	INFINITY
X27	0.000000	INFINITY	0.000000
X16	0.000000	INFINITY	0.024200
X15	0.000000	0.000000	INFINITY
X24	0.000000	0.000000	0.000000
X25	0.000000	INFINITY	0.000000
X37	0.000000	INFINITY	0.000000
X13	0.000000	INFINITY	0.000000
X5	0.000000	0.000000	INFINITY

RHS	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	0.000000	0.000000	0.000000
3	1.000000	0.000000	0.000000
4	0.575000	0.000000	0.000000
5	22026.000000	0.000000	0.000000
6	0.030000	0.000000	0.000000
7	1.000000	0.000000	0.000000
8	0.200000	INFINITY	0.200000
9	0.200000	INFINITY	0.022663

UNDO
File Edit Solve Reports Window Help

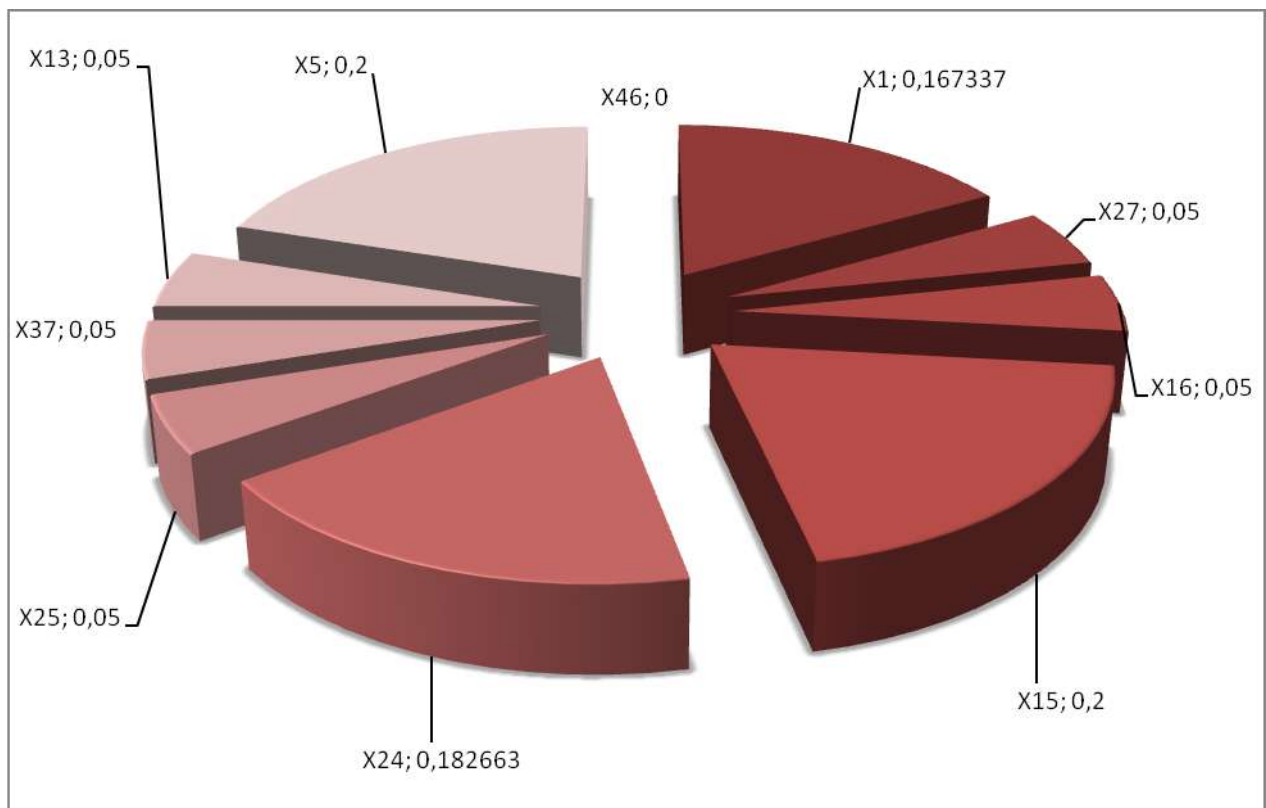
Reports Window

10	0.200000	INFINITY	0.150000
11	0.200000	INFINITY	0.150000
12	0.200000	0.000000	0.000000
13	0.200000	INFINITY	0.017337
14	0.300000	INFINITY	0.250000
15	0.200000	INFINITY	0.150000
16	0.200000	INFINITY	0.150000
17	0.200000	0.000000	0.000000
18	0.050000	-0.050000	INFINITY
19	0.050000	0.117337	INFINITY
20	0.050000	0.000000	0.000000
21	0.050000	0.000000	0.000000
22	0.050000	0.150000	INFINITY
23	0.050000	0.132663	INFINITY
24	0.050000	0.000000	0.000000
25	0.050000	0.000000	0.000000
26	0.050000	0.000000	0.000000
27	0.050000	0.150000	INFINITY

Tableau 87: Contribution des variables

Alternatif	Contribution
X46	0,00
X1	0,167337
X27	0,05
X16	0,05
X15	0,2
X24	0,182663
X25	0,05
X37	0,05
X13	0,05
X5	0,2

Figure 25 : Contribution des variables

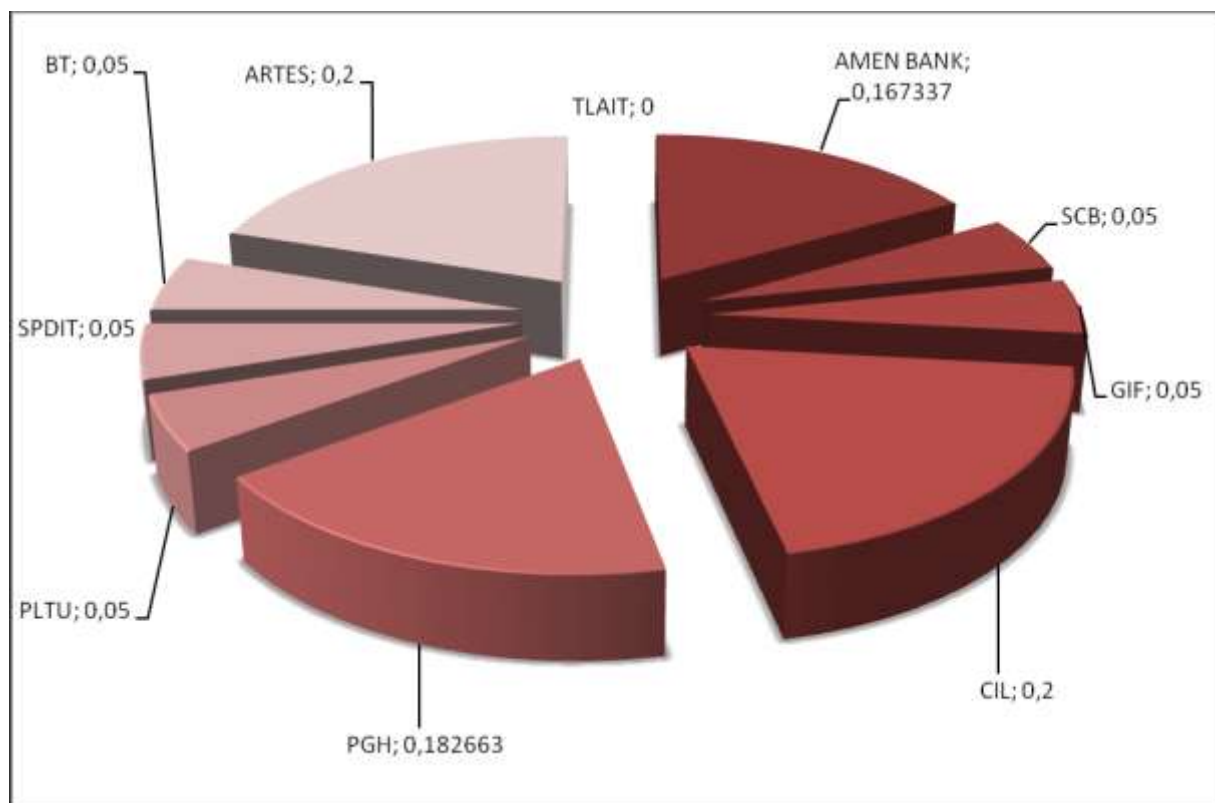


Partie IV : Cas pratique

Tableau 88 : La contribution des alternatifs retenus dans le portefeuille d'action

Alternatif	Contribution	Organisme
X46	0,05	TLAIT
X1	0,05	AMEN BANK
X27	0,05	SCB
X16	0,05	GIF
X15	0,185328	CIL
X24	0,05	PGH
X25	2,584028	PLTU
X37	0,2	SPDIT
X13	0,05	BT
X5	0,2	ARTES

Figure 26: La contribution des alternatifs retenus dans le portefeuille d'action



Conclusion :

La nature dynamique des marchés boursiers en combinaison avec la pléthore de facteurs internes et externes qui affectent le rendement des actions ainsi que l'énorme volume d'informations financières et boursières qui est accessible aux investisseurs et aux analystes boursiers, tout cela contribue à la complexité du problème d'évaluation des titres, du point de vue les nombre important de critères à prendre en considération pour l'évaluations des titres, c'est dans cette optique que s'inscrivait ce chapitre, consacré à l'application de méthodes multicritères dans une tentative d'évaluation des actions en vue de la constitution d'un portefeuille d'action dans le marché des valeurs mobilières de Tunis, l'utilisation d'UTA+ avait pour but d'aboutir à une classification d'actions selon leurs utilités marginales, cette même classification à été raffinée grâce à l'utilisation d'ELECTRE TRI par une affectation des différentes actions en catégorie prédéfinis. Reste à déterminer le pourcentage (la contribution) de chaque action dans le portefeuille constituait (des actions classées « meilleures » par les deux méthodes), cette tache relevée du domaine d'intérêts de la programmation multi-objectifs.

Chapitre VIII: l'Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes (ANSEJ) Le cas de la décision de financement de micro projets :

Siège sociale :

ANSEJ

8, Rue Arezki Benbouzid, Les Annassers – Alger

Téléphone 021 67 82 08 / 02167 82 18 / 02167 82 36

Fax : 021 67 75 74/ 02167 75 87

Site Web : <http://www.ansej.org.dz>

Introduction :

Grâce à l'Agence National du Soutien à l'Emploi des Jeunes avec ses 53 antennes à travers le territoire national que la création des postes a dépassée les 710.000 postes par plus de 292.000 micro-entreprise (malgré ça les prêts accordés dans ce cadre restent loin d'être remboursés seulement 64% des crédits remboursés), "en réalité ce nombre d'emploi est largement plus important", affirme Mourad Zemali, directeur général de l'ANSEJ, ajoutant que pour l'année 2013, seulement, 43.039 micro-entreprises ont vu le jour, générant 96.233 emplois. Ces statistiques témoignent du rôle important que joue cette agence vis-à-vis de la création de postes (générés par la création de micro-entreprises) en contre partie cette même agence n'a pas pu être ferme avec ces mêmes micro-entreprises qu'elle a créé en ce qui concerne le remboursement de leurs prêts.

Pourquoi ne pas remédier à un classement de ces propositions de projets (micro-entreprises) selon des critères agréés afin de pouvoir choisir et accepter les propositions prometteuses susceptibles de rembourser leurs prêts ?

VIII.1. Présentation de l'Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes :

VIII.1. 1. Aperçu historique sur l'Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes :

L'agence nationale de soutien à l'emploi de jeunes ou encore L'ANSEJ est l'organisme chargé de la gestion d'un fonds de crédit pour la création d'entreprises, elle participe au service public de l'emploi ce dernier instauré en Algérie par le décret n° 62-99 du 29

novembre 1962 (confié à l'office nationale de la main d'œuvre- ONAMO). En 1994 on décida de confier l'appui aux jeunes voulant créer leur entreprise à l'ANSEJ.

VIII.1.2. Missions et Objectifs de l'ANSEJ :

VIII.1.2.1. Missions :

L'ANSEJ est chargée de la mise en œuvre d'un dispositif de soutien à la création d'activité pour les personnes âgées de moins de 40 ans. Elle gère un fonds de crédit, accordant des prêts à taux d'intérêt nul, complémentaire de prêts bancaires. Des commissions composées de représentant des banques et des institutions accordant les prêts après examen des dossiers des promoteurs. Un fonds de garantie bancaire complète les instruments de financement. Les conseillers de l'ANSEJ assurent un suivi promoteurs ayant obtenu un prêt.

Placée sous la tutelle du ministère chargé du travail et de l'emploi, l'ANSEJ a pour missions principales, en relation avec les institutions et organismes concernés :

- de soutenir, de conseiller et d'accompagner les jeunes promoteurs dans le cadre de la mise en œuvre de leurs projets d'investissements ;
- de gérer, conformément à la législation et à la réglementation en vigueur, les dotations du fonds national de soutien à l'emploi des jeunes, notamment les aides et la bonification des taux d'intérêt, dans la limite des enveloppes mises à disposition par le ministère chargé du travail et de l'emploi ;
- de notifier aux jeunes promoteurs les différentes aides du fonds national de soutien à l'emploi des jeunes et autres avantages qu'ils ont obtenus ;
- d'assurer le suivi des investissements réalisés par les jeunes promoteurs en veillant au respect des clauses des cahiers des charges qui les tient à l'agence et en les assistant, en cas de besoin, auprès des institutions et organismes concernés par la réalisation des investissements ;

d'entretenir des relations continues avec les banques et les établissements financiers dans le cadre du montage financier des projets, de la mise en œuvre du schéma de financement, du suivi de la réalisation et de l'exploitation des projets.

VIII.1.2.2. Objectifs :

- Favoriser la création d'activités de biens et services par de jeunes promoteurs.
- Encourager toutes formes d'actions et de mesures tendant à promouvoir l'emploi des jeunes

VIII.1.3. Activités :

Selon les autorités Algériennes le nombre d'emplois créés avec le soutien de l'ANSEJ et celui de la CNAC est passé de 75936 emplois directs en 2010 à 128357 en 2011. Soit 61111 ont été créés, d'après le ministère l'ANSEJ a pu, aux côtés de 16 agences d'emploi privées, placer 212000 jeunes dans le secteur économique en 2011.

L'activité de l'ANSEJ est diversement appréciée. Certains estiment qu'il s'agit d'un outil pour acheter la paix sociale que d'un instrument économique valable.

VIII.1.4. Les conditions d'éligibilité au programme :

- Etre âgé entre 19 et 35 ans (l'âge du gérant peut être porté à 40 ans si le projet permet la création de trois emplois permanents y compris le gérant).
- Avoir une qualification ou un savoir-faire en relation avec l'activité considérée.
- Etre chômeur.
- Mobiliser un apport personnel modulé selon le coût du projet.
-

VIII.1.5. Procédures liées à l'obtention des avantages de l'ANSEJ :

1. Idée du projet et recueil d'informations
2. Retrait du dossier à fournir au niveau de l'antenne.
3. Préparation du dossier.
4. Dépôt du dossier à l'antenne locale de l'ANSEJ (étude du projet par l'antenne, élaboration de l'étude technico-économique et des bilans prévisionnels, notification de l'antenne d'éligibilité par l'ANSEJ au promoteur).
5. Dépôt du dossier au niveau de la banque.
6. Création juridique de la micro entreprise et notification des avantages liés à la phase réalisation par l'antenne l'ANSEJ.
7. Réalisation du projet.
8. Notification des avantages liés à la phase exploitation par l'antenne.
9. Démarrage de l'activité.
10. Extension des capacités de production (facultative).

VIII.1. 6. Avantage du dispositif ANSEJ :

A travers les étapes de création et d'extension de son entreprise, le jeune promoteur bénéficie de l'assistance à titre gracieux (accueil, informations, accompagnement, formation), et d'autres avantages :

VIII.1.6.1.Liés à la phase de réalisation :

1. Exemption du droit d'imputation à titre onéreux pour les acquisitions immobilières effectuées dans le cadre du projet.
2. Franchise de la TVA pour les acquisitions des biens d'équipement et services entrant directement dans la réalisation de l'investissement.
3. Application du taux réduit de 5% en matière de droits de douanes pour les biens d'équipement importés et entrant directement dans la réalisation de l'investissement.
4. Exonération des droits d'enregistrement sur les actes constitutifs des micro-entreprises.
5. Un prêt non rémunéré (PNR) octroyé par l'ANSEJ et modulé selon le niveau de financement.
6. Bonification des taux d'intérêt bancaires à 50% en zones normales et 75% en zones spécifique.

Ces taux passent à 75% en zones normales et 90% en zones spécifiques quand l'activité est du secteur de l'agriculture, de l'hydraulique ou la pêche.

VIII.1.6.2. Liés à la phase d'exploitation :

1. Exonération de la taxe foncière sur les constructins et additions de construction pendant une période de 3 ans.
2. Exonération totale de l'IBS, de l'IRG, du VF et de la TAP, pendant 3 ans.

La période d'exonération appliquée dans les autres zones est portée à 6 ans.(zones spécifiques).

VIII.1.6.3. Liés à la phase d'extention (facultativee) :

1. Franchise de la TVA pour les acquisitions des biens d'équipement et services entrant directement dans la réalisation de l'investissement.

2. Application du taux réduit de 5% en matière de droits de douanes pour les biens d'équipement importés et entrant directement dans la réalisation de l'investissement.
3. Exonération des droits d'enregistrement sur les actes constitutifs des micro-entreprises.
4. Un prêt non rémunéré (PNR) octroyé par l'ANSEJ et modulé selon le niveau de financement.
5. Bonification des taux d'intérêt bancaires à 50% en zones normales et 75% en zones spécifique.

VIII.2. L'évaluation des propositions de création de micro-entreprises par la méthode ELECTRE III:

VIII.2.1. Aperçu sur la méthode ELECTRE III :

La méthode ELECTRE III relève de la problématique γ (procédure de classement) comme énoncé précédemment (en phase théorique), son but est de classer les actions potentielles, depuis les "meilleures" jusqu'aux "moins bonnes", elle suit les mêmes principes de la méthode ELECTRE II (construction de la relation de surclassement, élaboration de deux classements antagonistes, synthèse d'un classement final). Le changement apparaît dans :

- La relation de surclassement qui comporte dorénavant une part de flou, il n'est plus nécessaire de classer les couples d'actions potentielles en trois catégories (surclassement fort, faible, et pas de surclassement du tout). La réflexion ne porte sur la crédibilité à accorder à cette l'hypothèse de surclassement, ceci est traduit par le degré de crédibilité de l'hypothèse de surclassement, qui varie de 0 à 1.
- L'introduction, pour chacun des critères, de deux seuils dits d'indifférence et de préférence stricte. Ces seuils ont été définis de manière à tenir compte directement de l'incertitude qui entache plus ou moins les valeurs de la matrice des évaluations. Cette introduction permet l'apparition d'une nouvelle notion, celle de préférence faible. Ainsi, le nombre de situations possibles au terme d'une comparaison de deux actions selon un critère donné passent de 3 à 5. Le troisième seuil, introduit est le seuil de veto, qui est utilisé dans la concrétisation de la notion de discordance.

- L'algorithme de classement est fondé sur le niveau de signification du degré de crédibilité. Ce niveau exprime à partir de quelle valeur la différence entre deux degrés de crédibilité devient significative.
- La procédure de classement rappelle celle de la distillation : il est question de distillation descendante et de distillation ascendante.
- Le résultat final est un, c'est-à-dire que les ex æquo sont permis et que l'incomparabilité est tolérée.

VIII.2.2. Description du problème :

Le cas étudié est celui de 19 projets ou plutôt micro projets proposés par de jeunes promoteurs au niveau de l'agence nationale du soutien à l'emploi des jeunes en vue d'obtenir l'avis favorable par cette dernière et par la suite celui de la banque offrant le micro crédit.

Il s'agit d'un classement de projets allant du meilleur au moins bon selon un nombre de critères qualitatifs et quantitatifs, ainsi l'agence pourra s'appuyer sur ce classement pour décider du sort de ces propositions de projets.

Les 19 projets proposés au niveau de l'antenne de l'ANSEJ sur la wilaya d'Alger garderont leur anonymat pour des raisons relatives aux responsables de cette antenne, les critères considérés ont été élaborés en collaboration avec les responsables en question, ils sont au nombre de 8 critères.

VIII.2.3. Le choix de la méthode ELECTRE III :

Le type de données relatives aux actions à classer dont dispose le décideur dictera le choix de la méthode à utiliser. Trois cas sont à distinguer ; disposant d'un ensemble d'actions évaluées sur plusieurs pseudo-critères soit :

- Le décideur est en mesure d'exprimer l'importance relative des pseudo-critères en les pondérant (utilisation de la méthode ELECTRE III).
- Le décideur ne désire ou ne peut évaluer l'importance relative de chaque pseudo-critère (utilisation de la méthode ELECTRE IV) tout en estimant qu'aucun critère n'est négligeable ni prépondérant face à un regroupement quelconque d'une moitié des critères.
- L'utilisateur a construit une matrice de comparaison par paires des actions par une méthode différente d'ELECTRE III ou d'ELECTRE IV. Les éléments de cette matrice

sont compris entre 0 et 1 comme c'est le cas pour la relation de sur-classement floue d'ELECTRE III. Il peut donc introduire directement ces données pour ne mettre en œuvre que l'algorithme de classement (utilisation de la méthode « Matrice de degrés de crédibilité »).

VIII.3. Construction des critères pour la méthode ELECTRE III :

Huit critères d'évaluation ont été élaborés, il s'agit de critères qualitatifs et quantitatifs, pour ce qui des critères qualitatifs l'évaluation est à l'aide d'une échelle qualitative et des scores : plus le score est élevé plus les impacts sur l'environnement sont moindres, nous notons :

1. C1 : critère de la nuisance sonore : qui est un critère qualitatif.
2. C2 : critère de la séparation du territoire : qui est un critère qualitatif.
3. C3 : critère de la pollution de l'air : qui est un critère qualitatif.
4. C4 : critère de l'impact sur l'aménagement du territoire : qui est un critère qualitatif.
5. C5 : critère de l'impact sur les activités récréatives : qui est un critère qualitatif.
6. C6 : critère de délais de mise en œuvre ou en marche (en mois) : qui est un critère quantitatif.
7. C7 : critère du coût du projet (en millions de centimes) : qui est un critère quantitatif.
8. C8 : critère du gain annuel (en millions de centimes) : qui est un critère quantitatif.

Le sens d'optimisation des critères qualitatifs est la maximisation du score puisque plus le score est élevé plus les impacts sur l'environnement sont moindres (du C1 au C5), quant aux critères quantitatifs, seul le huitième critère est à maximiser puisqu'il s'agit du gain ou du revenu annuel, le C6 et le C7 sont des critères à minimiser (délais de mise en œuvre et coût du projet).

Les poids des critères, et le calcul des performances sont illustrés dans le tableau suivant :

Partie IV : Cas pratique

Tableau 89 : Matrice de performance et poids des critères

Critères	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Poids Projets	1	0.5	1.5	1	1	1	2	2
P1	20	20	5	20	17	9	690	700
P2	0	10	5	16	15	9	700	560
P3	10	15	0	16	10	12	650	580
P4	30	10	10	15	16	11	810	700
P5	30	30	15	15	16	10	830	750
P6	30	30	20	19	16	12	720	540
P7	13	14	15	13	13	8	360	280
P8	20	18	17	14	15	9	510	620
P9	15	11	11	17	19	6	480	432
P10	12	12	13	11	14	10	380	400
P11	19	20	18	9	10	7	420	380
P12	20	22	19	8	12	12	450	500
P13	10	10	9	10	17	11	400	480
P14	17	15	16	11	15	10	480	360
P15	11	12	14	14	13	9	390	350
P16	9	10	4	13	18	7	410	400
P17	0	0	0	7	11	6	520	510
P18	10	9	10	15	9	5	340	390
P19	13	10	11	12	12	8	530	500
P20	10	12	5	9	15	9	504	390
P21	15	16	12	13	9	13	230	345
P22	13	8	10	11	12	14	300	250
P23	12	9	11	15	9	15	200	190
P24	7	10	15	14	9	12	200	250
P25	12	13	15	10	7	15	300	250
P26	6	7	15	10	9	8	100	150
P27	9	10	9	11	8	13	120	100
P28	15	9	8	10	11	15	200	300

Partie IV : Cas pratique

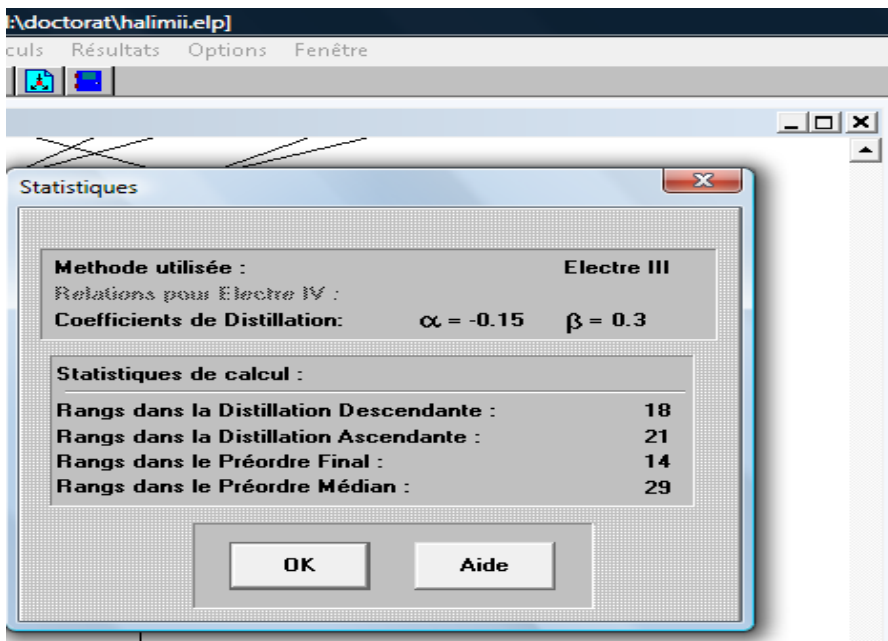
P29	12	13	10	15	15	17	230	300
P30	9	10	11	12	13	12	120	160

- C1 : Nuisance sonore
C2 : Séparation du territoire
C3 : Pollution de l'air
C4 : Impact sur l'aménagement du territoire
C5 : Impact sur les activités récréatives
- C6 : Délais de mise en œuvre ou en marche (en mois)
C7 : Coût du projet (en millions de centimes)
C8 : Gain annuel (en millions de centimes)
- } L'évaluation était selon une échelle qualitative

VIII.4. Application d'ELECTRE III et résultats:

L'application d'ELECTRE III consistera à partir de tous les critères retenus pour l'évaluation multicritère à établir un classement des alternatifs (projets) existants du meilleur au moins bon (ou l'inverse) et ce par le biais du logiciel ELECTRE III du LAMSADE, laboratoire d'analyse et modélisation de systèmes pour l'aide à la décision, Université Paris-Dauphine, version 3.x.

Figure 27: Statistiques

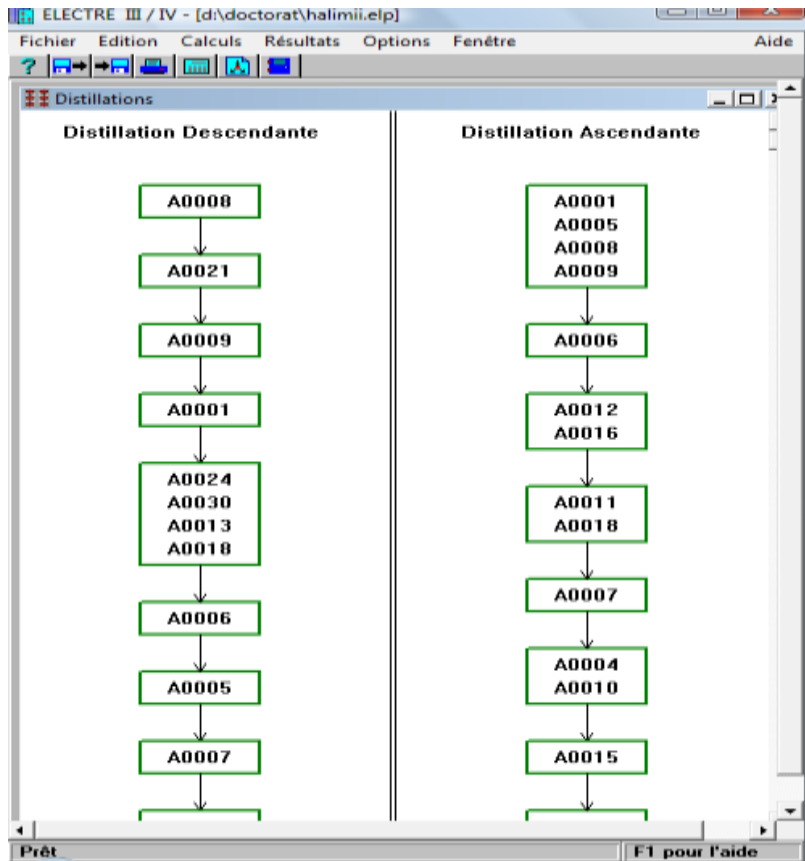


VIII.4.1. Distillation ou Algorithme de classement :

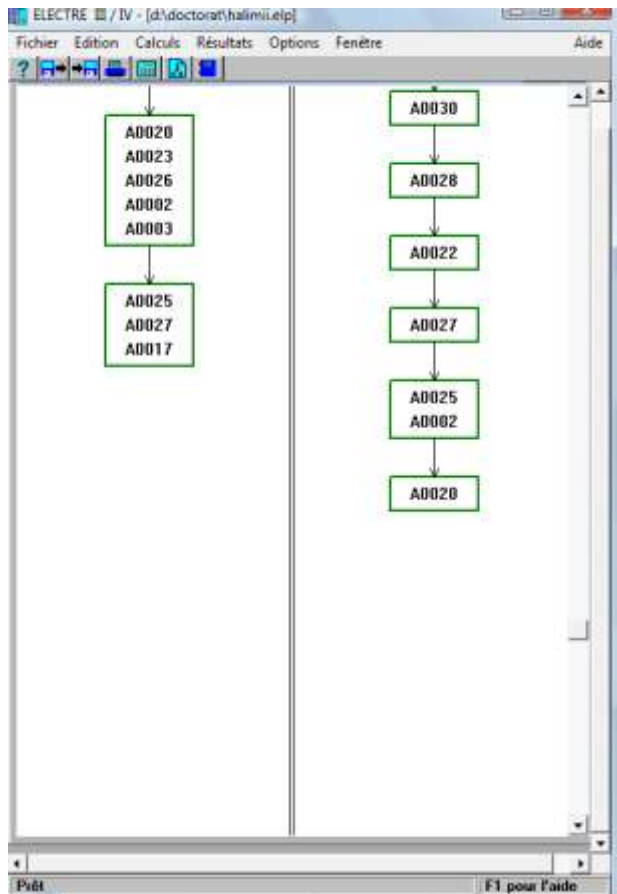
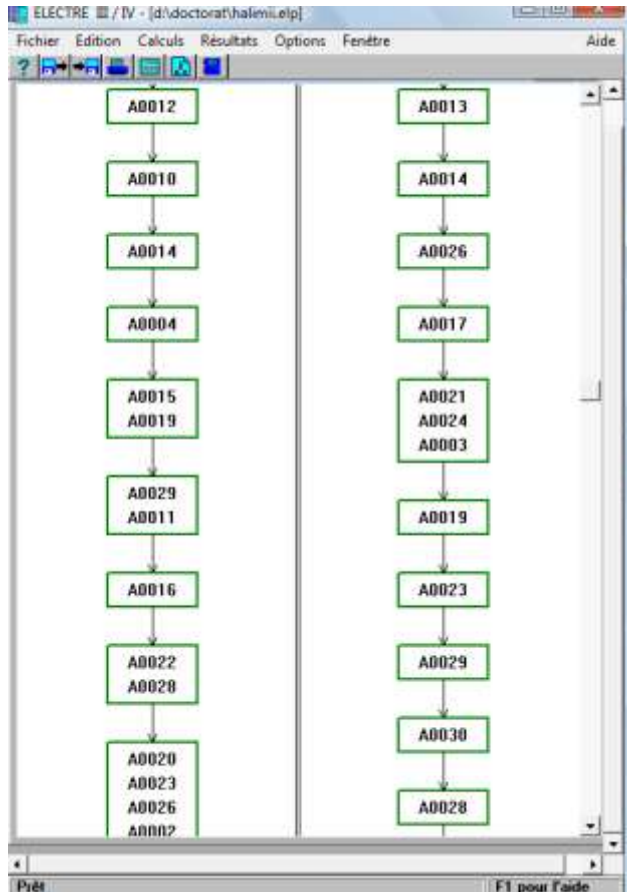
L'algorithme de classement a pour objectif d'exploiter la relation de sur-classement foule (classer les actions à l'aide de deux pré-ordre). La première relation est obtenue de manière descendante, en sélectionnant la meilleure action et en classant les autres actions de la meilleure à la moins bonne, on parle alors de distillation descendante. La seconde se fait de manière ascendante, en choisissant d'abord la mauvaise action, et en classant de la plus mauvais à la meilleure action, on parle alors de distillation ascendante.

Le résultat des deux distillations : deux listes contiguës des actions ordonnées par le rang qu'elles occupent dans chaque classement.

Figure 28: Les distillations



Partie IV : Cas pratique



Ces deux préordres étant le plus souvent différents, c'est leur intersection, un préordre partiel, qui constituera le rangement le plus fiable, pour établir ces deux préordres, on procède de la façon comme suit :

A partir de la matrice de surclassement floue (matrice des degrés de crédibilité notés $d(a,b)$), on construit une succession de relations de surclassement nettes. Pour cela, on utilise un ensemble de niveaux de coupe et un seuil de discrimination. A l'étape k , le surclassement aSb ne sera pris en compte dans l'algorithme de classement que si $d(a,b)$ est supérieur au niveau de coupe à l'étape k et $d(a,b)$ est supérieur à l'ensemble de $d(b,a)$ plus le seuil de discrimination.

A partir de cette matrice de surclassement nette, on calcule, pour toute action a la puissance de a (le nombre d'actions que surclasse a) et la faiblesse de a (le nombre d'actions qui surclassent a).

L'algorithme de classement est conçu pour exploiter une relation de surclassement floue.

VIII.4.2. Résultats supplémentaires :

VIII.4.2. 1. Matrice de concordance :

Tableau 90 : Matrice de concordance

Partie IV : Cas pratique

ELECTRE II / IV - (d:\doctorat\halimie\elq)

Fichier Edition Calculs Résultats Options Fenêtre Aide

Matrice de concordance

	A0001	A0020	A0021	A0022	A0023	A0024	A0025	A0026	A0027	A0028	A0029	A0030	A0002	A0003	A0004	A0005	A0006	A0007	A0008	A0009	A0010	A0011	A0012	A0013
A0001	1	0.8	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.55	0.65	0.65	0.65	0.65	1	0.8	0.75	0.5	0.7	0.55	0.65	0.45	0.65	0.55	0.6	0.5
A0020	0.45	1	0.4	0.45	0.45	0.55	0.4	0.45	0.55	0.45	0.4	0.55	0.7	0.65	0.35	0.3	0.3	0.3	0.4	0.05	0.25	0.4	0.3	0.3
A0021	0.35	0.6	1	0.9	0.7	0.45	0.85	0.55	0.8	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.65	0.2	0.5	0.45	0.3	0.3	0.3
A0022	0.35	0.55	0.1	1	0.5	0.4	0.8	0.55	0.65	0.45	0.35	0.3	0.45	0.55	0.35	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
A0023	0.35	0.55	0.4	0.5	1	0.5	0.6	0.55	0.65	0.6	0.65	0.55	0.45	0.45	0.45	0.3	0.2	0.3	0.3	0.35	0.4	0.3	0.3	0.3
A0024	0.35	0.45	0.65	0.8	0.8	1	0.85	0.7	0.7	0.6	0.45	0.6	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.45	0.3	0.35	0.45	0.3	0.4	0.4
A0025	0.35	0.6	0.15	0.6	0.6	0.5	1	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.45	0.4	0.35	0.2	0.35	0.2	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3
A0026	0.45	0.55	0.55	0.45	0.55	0.55	0.65	1	0.75	0.55	0.45	0.45	0.55	0.45	0.45	0.45	0.3	0.45	0.3	0.35	0.45	0.3	0.4	0.4
A0027	0.35	0.45	0.3	0.45	0.35	0.35	0.5	0.25	1	0.6	0.3	0.35	0.5	0.35	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
A0028	0.35	0.55	0.4	0.55	0.75	0.6	0.8	0.55	0.4	1	0.6	0.3	0.45	0.55	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
A0029	0.35	0.7	0.4	0.8	0.55	0.55	0.75	0.55	0.7	0.6	1	0.55	0.6	0.55	0.5	0.3	0.2	0.6	0.4	0.25	0.55	0.4	0.4	0.4
A0030	0.35	0.45	0.4	0.7	0.6	0.55	0.5	0.55	1	0.7	0.45	1	0.5	0.55	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.35	0.3	0.4	0.5	0.5
A0002	0.25	0.65	0.5	0.55	0.55	0.55	0.5	0.45	0.55	0.55	0.5	0.55	1	0.45	0.45	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.5	0.4	0.5	0.5
A0003	0.2	0.45	0.5	0.45	0.55	0.65	0.55	0.55	0.65	0.45	0.45	0.55	0.65	1	0.35	0.3	0.5	0.35	0.1	0.25	0.35	0.4	0.4	0.4
A0004	0.45	0.65	0.6	0.8	0.65	0.65	0.6	0.55	0.8	0.8	0.75	0.65	0.6	0.65	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6
A0005	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8	1	0.55	0.7	0.55	0.5	0.8	0.55	0.65	0.65
A0006	0.3	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5	0.6	0.7	0.7	1	0.7	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8
A0007	0.45	0.7	0.45	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.5	0.4	0.8	0.6	0.65	0.5	0.45	0.3	1	0.3	0.4	0.7	0.4	0.5	0.5
A0008	0.55	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9	0.5	0.45	0.5	0.7	1	0.5	0.8	0.5	0.6	0.6
A0009	0.55	0.95	0.6	0.8	0.8	0.65	0.6	0.65	0.8	0.8	0.75	0.8	0.8	0.75	0.7	0.5	0.4	0.6	0.5	1	0.6	0.5	0.3	0.3
A0010	0.35	0.8	0.55	0.7	0.7	0.55	0.6	0.55	0.8	0.7	0.55	0.7	0.5	0.65	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	1	0.6	0.5	0.5
A0011	0.5	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.45	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1	0.4	0.4
A0012	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.7	0.4	0.35	0.3	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	1	0.6
A0013	0.45	0.85	0.4	0.45	0.45	0.55	0.5	0.55	0.7	0.7	0.4	0.55	0.6	0.65	0.45	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.6	0.5	0.5
A0014																								

Prêt F1 pour Aide

ELECTRE II / IV - (d:\doctorat\halimie\elq)

Fichier Edition Calculs Résultats Options Fenêtre Aide

Matrice de concordance

	A0001	A0020	A0021	A0022	A0023	A0024	A0025	A0026	A0027	A0028	A0029	A0030	A0002	A0003	A0004	A0005	A0006	A0007	A0008	A0009	A0010	A0011	A0012	A0013
A0014	0.35	0.7	0.65	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.5	0.45	0.3	0.6	0.3	0.5	0.6	0.2	0.3	0.3	0.3
A0015	0.45	0.7	0.65	0.7	0.6	0.65	0.5	0.55	0.8	0.7	0.45	0.8	0.6	0.65	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
A0016	0.4	0.7	0.5	0.55	0.45	0.55	0.5	0.65	0.65	0.55	0.4	0.65	0.55	0.55	0.45	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.5	0.7	0.5	0.5
A0017	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.55	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
A0018	0.45	0.85	0.5	0.6	0.55	0.6	0.5	0.65	0.75	0.6	0.55	0.5	0.55	0.55	0.55	0.4	0.3	0.6	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	0.4
A0019	0.45	0.65	0.4	0.8	0.7	0.55	0.6	0.65	0.8	0.7	0.55	0.7	0.6	0.65	0.5	0.3	0.3	0.4	0.1	0.35	0.5	0.4	0.5	0.5

Partie IV : Cas pratique

The screenshot shows the 'Matrice de concordance' window in the ELECTRE III/IV software. The matrix is a 14x8 grid of numerical values representing the concordance between pairs of actions for each criterion. The diagonal elements are all 1.0.

	A0012	A0013	A0014	A0015	A0016	A0017	A0018	A0019
A0001	0.6	0.65	0.65	0.65	0.6	0.7	0.55	0.55
A0020	0.3	0.25	0.4	0.45	0.3	0.7	0.45	0.35
A0021	0.3	0.6	0.35	0.35	0.6	0.6	0.6	0.6
A0022	0.4	0.55	0.3	0.3	0.45	0.7	0.55	0.4
A0023	0.3	0.55	0.3	0.4	0.55	0.6	0.7	0.45
A0024	0.4	0.5	0.3	0.45	0.5	0.6	0.5	0.5
A0025	0.3	0.6	0.2	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4
A0026	0.4	0.55	0.3	0.45	0.35	0.6	0.45	0.45
A0027	0.3	0.5	0.3	0.2	0.5	0.6	0.25	0.25
A0028	0.3	0.4	0.2	0.3	0.45	0.7	0.45	0.3
A0029	0.4	0.6	0.4	0.55	0.6	0.7	0.7	0.45
A0030	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.7	0.5	0.6
A0002	0.5	0.45	0.5	0.5	0.5	0.7	0.45	0.45
A0003	0.4	0.45	0.35	0.35	0.45	0.6	0.55	0.35
A0004	0.6	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.55
A0005	0.65	0.7	0.65	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
A0006	0.8	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
A0007	0.5	0.7	0.4	0.7	0.6	0.7	0.4	0.8
A0008	0.6	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9	0.6	0.9
A0009	0.3	0.6	0.7	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8
A0010	0.5	0.7	0.6	0.65	0.7	0.7	0.6	0.5
A0011	0.4	0.4	0.8	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6
A0012	1	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.6	0.8
A0013	0.5	1	0.5	0.3	0.7	0.7	0.45	0.35
A0014								

The screenshot shows a zoomed-in view of the 'Matrice de concordance' window, focusing on the bottom portion of the matrix. The diagonal elements are all 1.0.

	A0012	A0013	A0014	A0015	A0016	A0017	A0018	A0019
A0014	0.3	0.5	1	0.6	0.3	0.7	0.4	0.6
A0015	0.5	0.7	0.4	1	0.6	0.7	0.4	0.6
A0016	0.5	0.35	0.7	0.4	1	0.7	0.35	0.55
A0017	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1	0.3	0.5
A0018	0.4	0.65	0.6	0.6	0.65	0.7	1	0.4
A0019	0.5	0.7	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	1

Pour chaque critère, on calcule successivement deux indicateurs par paire d'actions. L'un exprime dans quelle mesure les performances des actions sur les critères entrent en concordance avec l'assertion « a est au moins aussi bonne que b » ; l'autre indique dans quelle mesure elles s'y opposent.

Partie IV : Cas pratique

VIII.4.2. 2. Matrice de degrés de crédibilité :

Tableau 91: Matrice de degrés de crédibilité

	A0001	A0020	A0021	A0022	A0023	A0024	A0025	A0026	A0027	A0028	A0029	A0030	A0002	A0003	A0004	A0005	A0006	A0007	A0008	A0009	A0010	A0011	A0012	A0013	
A0001	1	0.8	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.55	0.65	0.65	0.65	0.65	1	0.8	0.75	0.5	0.7	0.55	0.65	0.45	0.65	0.55	0.6	0.4	
A0020	0.45	1	0.4	0.45	0.45	0.55	0.4	0.45	0.55	0.45	0.4	0.55	0.7	0.65	0.35	0.3	0.3	0.3	0.4	0.05	0.25	0.4	0.3	0.1	
A0021	0.35	0.6	1	0.9	0.7	0.45	0.85	0.55	0.8	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.65	0.2	0.5	0.45	0.3	0.3	0.1	
A0022	0.35	0.55	0.1	1	0.5	0.4	0.8	0.55	0.65	0.45	0.35	0.3	0.45	0.55	0.35	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.1	
A0023	0.35	0.55	0.4	0.5	1	0.5	0.6	0.55	0.65	0.6	0.65	0.55	0.45	0.45	0.45	0.3	0.2	0.3	0.3	0.35	0.4	0.3	0.3	0.1	
A0024	0.35	0.45	0.65	0.8	0.8	1	0.85	0.7	0.7	0.6	0.45	0.6	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.45	0.3	0.35	0.45	0.3	0.4	0.1	
A0025	0.35	0.6	0.15	0.6	0.6	0.5	1	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.45	0.4	0.35	0.2	0.35	0.2	0.4	0.5	0.3	0.3	0.1	
A0026	0.45	0.55	0.55	0.45	0.55	0.55	0.65	1	0.75	0.55	0.45	0.45	0.55	0.45	0.45	0.45	0.3	0.45	0.3	0.35	0.45	0.3	0.4	0.1	
A0027	0.35	0.45	0.3	0.45	0.35	0.35	0.5	0.25	1	0.6	0.3	0.35	0.5	0.35	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	
A0028	0.35	0.55	0.4	0.55	0.75	0.6	0.8	0.55	0.4	1	0.6	0.3	0.45	0.55	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.1	
A0029	0.35	0.7	0.4	0.8	0.55	0.55	0.75	0.55	0.7	0.6	1	0.55	0.6	0.55	0.5	0.3	0.2	0.6	0.4	0.25	0.55	0.4	0.4	0.1	
A0030	0.35	0.45	0.4	0.7	0.6	0.55	0.5	0.55	1	0.7	0.45	1	0.5	0.55	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.35	0.3	0.4	0.5	0.1	
A0002	0.25	0.65	0.5	0.55	0.55	0.55	0.5	0.45	0.55	0.55	0.5	0.55	1	0.45	0.45	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.5	0.4	0.5	0.1	
A0003	0.2	0.45	0.5	0.45	0.55	0.65	0.55	0.55	0.65	0.45	0.45	0.55	0.65	1	0.35	0.3	0.5	0.35	0.1	0.25	0.35	0.4	0.4	0.1	
A0004	0.45	0.65	0.6	0.8	0.65	0.65	0.6	0.55	0.8	0.8	0.75	0.65	0.6	0.65	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.6	0.1	
A0005	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8	1	0.55	0.7	0.55	0.5	0.8	0.55	0.65	0.1	
A0006	0.3	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5	0.6	0.7	0.7	1	0.7	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.1	
A0007	0.45	0.7	0.45	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.5	0.4	0.8	0.6	0.65	0.5	0.45	0.3	1	0.3	0.4	0.7	0.4	0.5	0.1	
A0008	0.55	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9	0.5	0.45	0.5	0.7	1	0.5	0.8	0.5	0.6	0.1	
A0009	0.55	0.95	0.6	0.8	0.8	0.65	0.6	0.65	0.8	0.8	0.75	0.8	0.8	0.75	0.7	0.5	0.4	0.6	0.5	1	0.6	0.5	0.3	0.1	
A0010	0.35	0.8	0.55	0.7	0.7	0.55	0.6	0.55	0.8	0.7	0.55	0.7	0.5	0.65	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	1	0.6	0.5	0.1	
A0011	0.5	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.45	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1	0.4	0.1	
A0012	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.7	0.4	0.35	0.3	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	1	0.1	
A0013	0.45	0.85	0.4	0.45	0.45	0.55	0.5	0.55	0.7	0.7	0.4	0.55	0.6	0.65	0.45	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.6	0.5	0.1	
A0014																									

	A0014	A0015	A0016	A0017	A0018	A0019																		
A0014	0.35	0.7	0.65	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.5	0.45	0.3	0.6	0.3	0.5	0.6	0.2	0.3	0.1
A0015	0.45	0.7	0.65	0.7	0.6	0.65	0.5	0.55	0.8	0.7	0.45	0.8	0.6	0.65	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.1
A0016	0.4	0.7	0.5	0.55	0.45	0.55	0.5	0.65	0.65	0.55	0.4	0.65	0.55	0.55	0.45	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.5	0.7	0.5	0.1
A0017	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.55	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.4	0.3	0.1
A0018	0.45	0.85	0.5	0.6	0.55	0.6	0.5	0.65	0.75	0.6	0.55	0.5	0.55	0.55	0.55	0.4	0.3	0.6	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	0.1
A0019	0.45	0.65	0.4	0.8	0.7	0.55	0.6	0.65	0.8	0.7	0.55	0.7	0.6	0.65	0.5	0.3	0.3	0.4	0.1	0.35	0.5	0.4	0.5	0.1

Partie IV : Cas pratique

ELECTRE III / IV - [d:\doctorat\halimii.elp]

Fichier Edition Calculs Résultats Options Fenêtre

Matrice des degrés de crédibilité

	A0012	A0013	A0014	A0015	A0016	A0017	A0018	A0019
A0001	0.6	0.65	0.65	0.65	0.6	0.7	0.55	0.55
A0020	0.3	0.25	0.4	0.45	0.3	0.7	0.45	0.35
A0021	0.3	0.6	0.35	0.35	0.6	0.6	0.6	0.6
A0022	0.4	0.55	0.3	0.3	0.45	0.7	0.55	0.4
A0023	0.3	0.55	0.3	0.4	0.55	0.6	0.7	0.45
A0024	0.4	0.5	0.3	0.45	0.5	0.6	0.5	0.5
A0025	0.3	0.6	0.2	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4
A0026	0.4	0.55	0.3	0.45	0.35	0.6	0.45	0.45
A0027	0.3	0.5	0.3	0.2	0.5	0.6	0.25	0.25
A0028	0.3	0.4	0.2	0.3	0.45	0.7	0.45	0.3
A0029	0.4	0.6	0.4	0.55	0.6	0.7	0.7	0.45
A0030	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.7	0.5	0.6
A0002	0.5	0.45	0.5	0.5	0.5	0.7	0.45	0.45
A0003	0.4	0.45	0.35	0.35	0.45	0.6	0.55	0.35
A0004	0.6	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.55
A0005	0.65	0.7	0.65	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
A0006	0.8	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
A0007	0.5	0.7	0.4	0.7	0.6	0.7	0.4	0.8
A0008	0.6	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9	0.6	0.9
A0009	0.3	0.6	0.7	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8
A0010	0.5	0.7	0.6	0.65	0.7	0.7	0.6	0.5
A0011	0.4	0.4	0.8	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6
A0012	1	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.6	0.8
A0013	0.5	1	0.5	0.3	0.7	0.7	0.45	0.35
A0014								

Prêt

ELECTRE III / IV - [d:\doctorat\halimii.elp]

Fichier Edition Calculs Résultats Options Fenêtre

Matrice des degrés de crédibilité

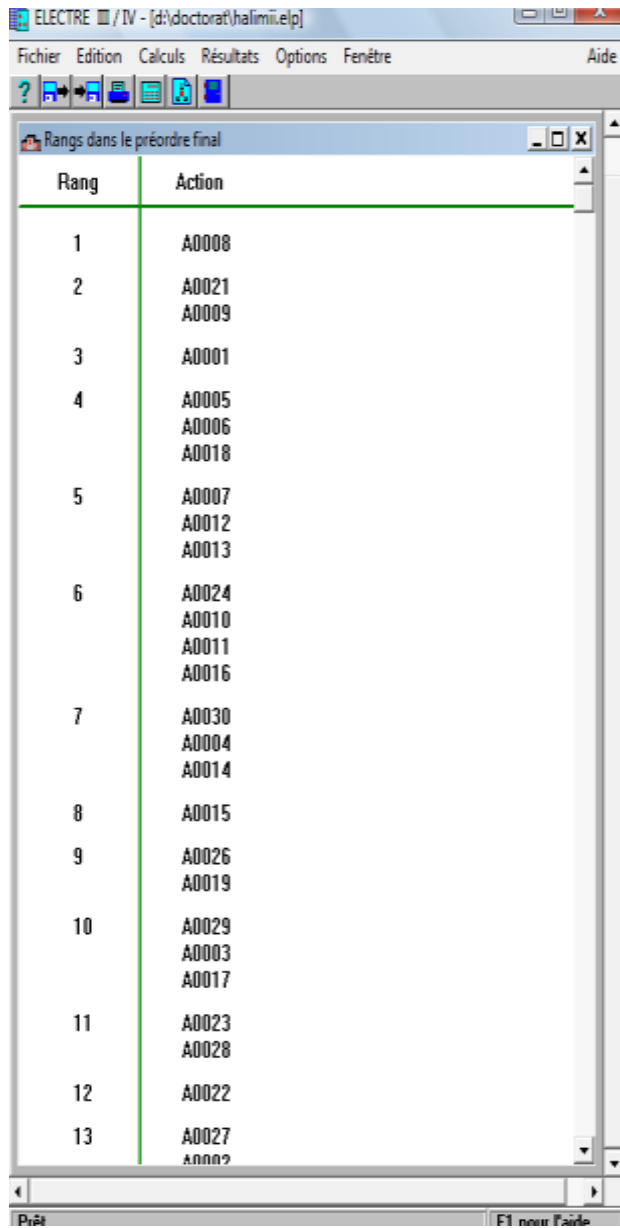
	A0012	A0013	A0014	A0015	A0016	A0017	A0018	A0019
A0001	0.6	0.65	0.65	0.65	0.6	0.7	0.55	0.55
A0020	0.3	0.25	0.4	0.45	0.3	0.7	0.45	0.35
A0021	0.3	0.6	0.35	0.35	0.6	0.6	0.6	0.6
A0022	0.4	0.55	0.3	0.3	0.45	0.7	0.55	0.4
A0023	0.3	0.55	0.3	0.4	0.55	0.6	0.7	0.45
A0024	0.4	0.5	0.3	0.45	0.5	0.6	0.5	0.5
A0025	0.3	0.6	0.2	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4
A0026	0.4	0.55	0.3	0.45	0.35	0.6	0.45	0.45
A0027	0.3	0.5	0.3	0.2	0.5	0.6	0.25	0.25
A0028	0.3	0.4	0.2	0.3	0.45	0.7	0.45	0.3
A0029	0.4	0.6	0.4	0.55	0.6	0.7	0.7	0.45
A0030	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.7	0.5	0.6
A0002	0.5	0.45	0.5	0.5	0.5	0.7	0.45	0.45
A0003	0.4	0.45	0.35	0.35	0.45	0.6	0.55	0.35
A0004	0.6	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.55
A0005	0.65	0.7	0.65	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
A0006	0.8	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
A0007	0.5	0.7	0.4	0.7	0.6	0.7	0.4	0.8
A0008	0.6	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9	0.6	0.9
A0009	0.3	0.6	0.7	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8
A0010	0.5	0.7	0.6	0.65	0.7	0.7	0.6	0.5
A0011	0.4	0.4	0.8	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6
A0012	1	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.6	0.8
A0013	0.5	1	0.5	0.3	0.7	0.7	0.45	0.35
A0014								

Prêt

Le degré de crédibilité, noté $d(a,b)$, que l'on peut accorder à l'affirmation « a surclasse b » est obtenu à partir de l'indice de concordance affaibli par les indices de discordance (parfois au point d'être annulé). L'indice de concordance (globale) n'est affaibli que par les indices de discordance (par critère) qui lui sont supérieurs.

VIII.4.2. 3. Rangs dans le préordre final :

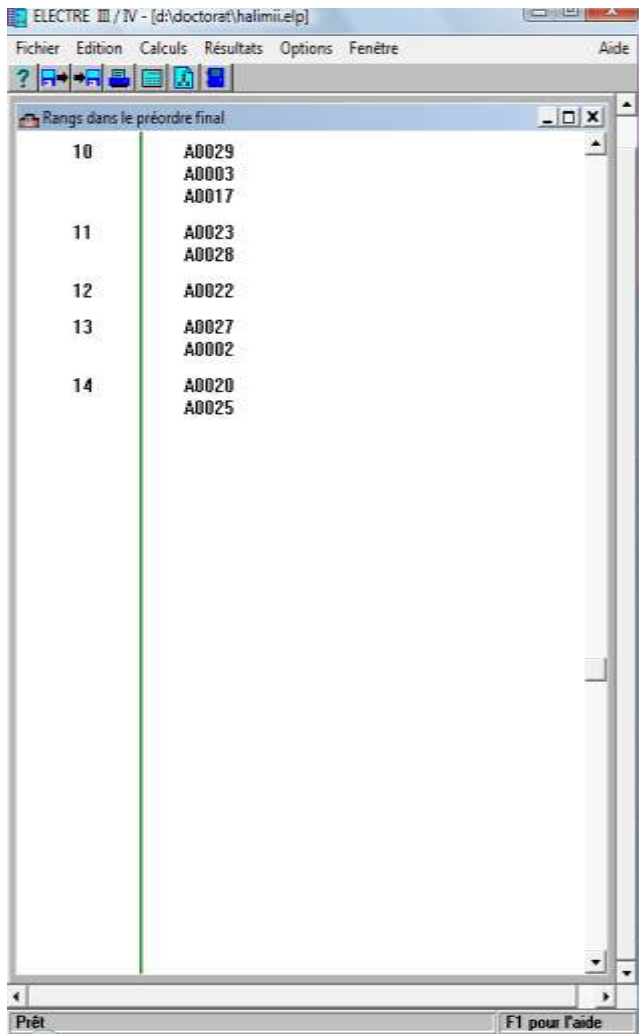
Figure 29 : Rangs dans le préordre final



The screenshot shows the ELECTRE software interface with a window titled "Rangs dans le préordre final". The window contains a table with two columns: "Rang" and "Action". The table lists 13 ranks, each associated with one or more actions (A0008 through A0027). The interface includes a menu bar (Fichier, Edition, Calculs, Résultats, Options, Fenêtre, Aide) and a toolbar with various icons. The status bar at the bottom indicates "Prêt" and "F1 pour l'aide".

Rang	Action
1	A0008
2	A0021 A0009
3	A0001
4	A0005 A0006 A0018
5	A0007 A0012 A0013
6	A0024 A0010 A0011 A0016
7	A0030 A0004 A0014
8	A0015
9	A0026 A0019
10	A0029 A0003 A0017
11	A0023 A0028
12	A0022
13	A0027 A0002

Partie IV : Cas pratique



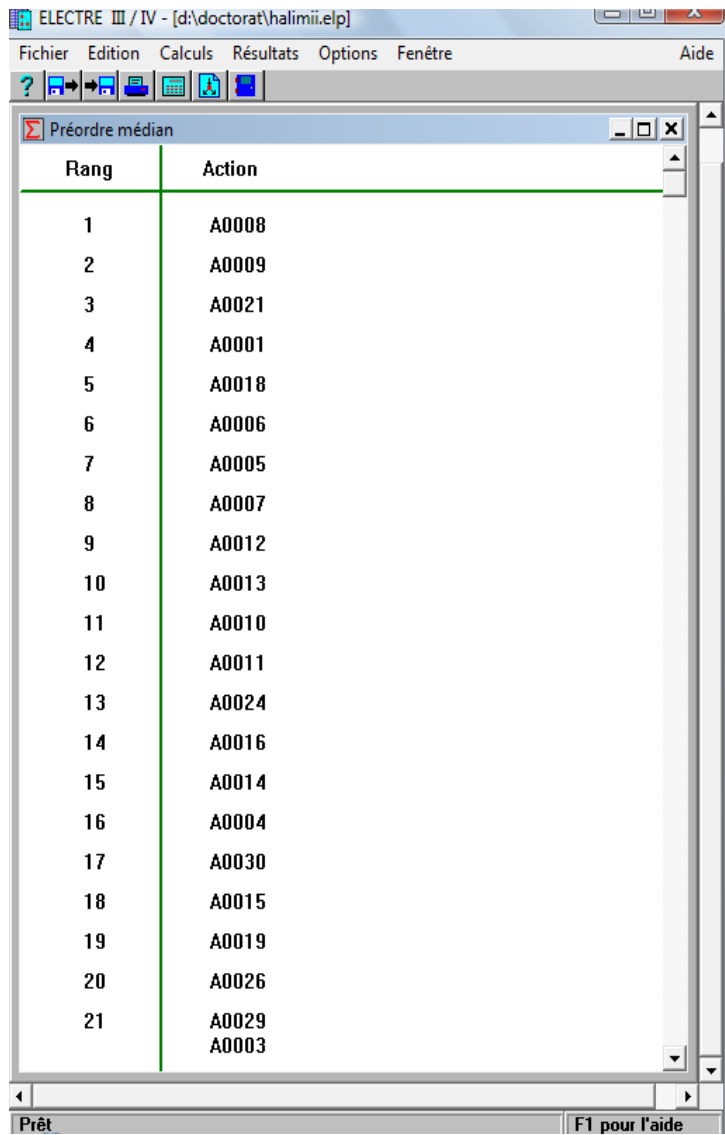
The screenshot shows the ELECTRE III/IV software interface. The window title is "ELECTRE III/IV - [d:\doctorat\halimi\elp]". The menu bar includes "Fichier", "Edition", "Calculs", "Résultats", "Options", "Fenêtre", and "Aide". The main window displays a table titled "Rangs dans le préordre final". The table has two columns: the first column contains ranks (10, 11, 12, 13, 14) and the second column contains action identifiers (A0029, A0003, A0017, A0023, A0026, A0022, A0027, A0002, A0020, A0025). The status bar at the bottom shows "Prêt" and "F1 pour l'aide".

Rang	Action
10	A0029 A0003 A0017
11	A0023 A0026
12	A0022
13	A0027 A0002
14	A0020 A0025

Le rang de chaque action dans le préordre final : cette option ne permet pas de restituer le préordre final, elle masque les incomparabilités.

VIII.4.2. 4. Rangs dans le préordre médian :

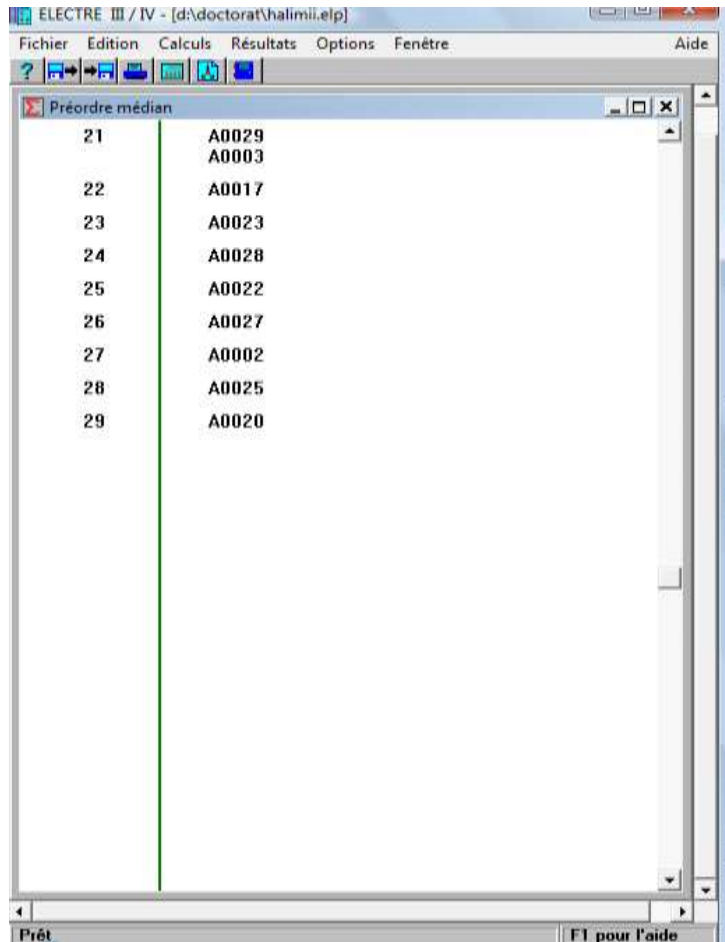
Figure 30 : Rangs dans le préordre médian



The screenshot shows the ELECTRE III / IV software interface. The main window is titled "Préordre médian" and contains a table with two columns: "Rang" and "Action". The table lists 21 rows of data. The status bar at the bottom indicates "Prêt" and "F1 pour l'aide".

Rang	Action
1	A0008
2	A0009
3	A0021
4	A0001
5	A0018
6	A0006
7	A0005
8	A0007
9	A0012
10	A0013
11	A0010
12	A0011
13	A0024
14	A0016
15	A0014
16	A0004
17	A0030
18	A0015
19	A0019
20	A0026
21	A0029 A0003

Partie IV : Cas pratique

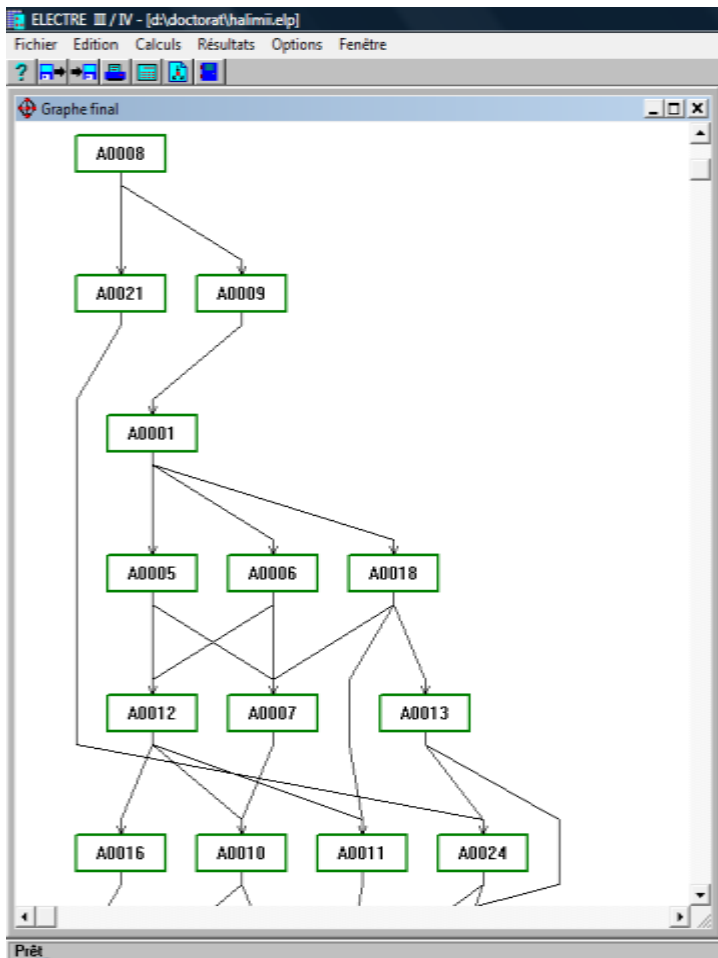


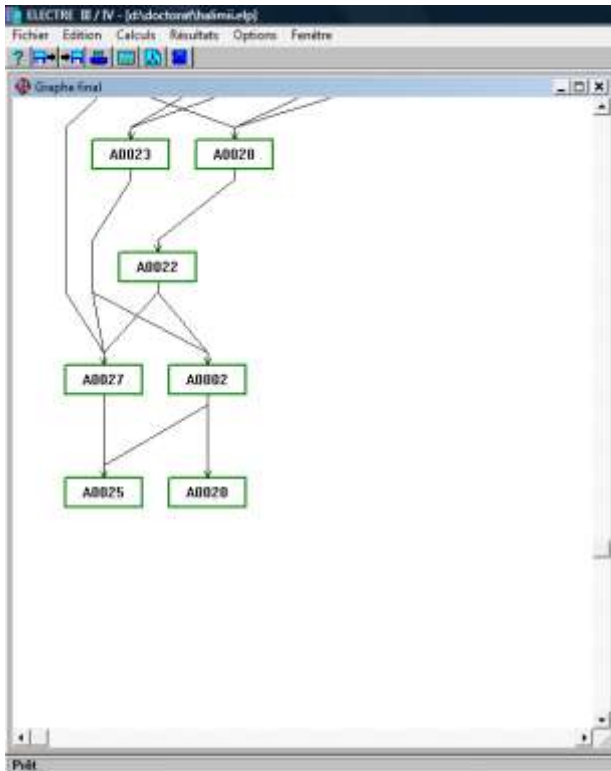
Rang	Alternative
21	A0029
	A0003
22	A0017
23	A0023
24	A0028
25	A0022
26	A0027
27	A0002
28	A0025
29	A0020

Il s'agit d'un préordre complet construit à partir du préordre partiel de la façon suivante : les alternatifs sont rangés suivant les rangs du préordre final puis les alternatifs incomparables d'un même rang sont départagés suivant la différence de leurs positions dans les deux préordres (cet indicateur mesure la stabilité relative entre les deux préordres), il peut être considéré comme une alternative possible pour les utilisateurs ne souhaitant pas prendre en compte les incomparabilités. Les actions sont rangées suivant les rangs du préordre final, deux actions d'un même rang et incomparables sont départagées suivant la différence de leurs positions. Le préordre médian constitue une alternative possible pour les utilisateurs ne souhaitant pas prendre en compte les situations d'incomparabilité.

VIII.4.2. 5. Graphe final :

Figure 31 : Graphe final





Le logiciel nous propose de visualiser le classement final également sous la forme d'une matrice :

VIII.4.2.6. Matrice du préordre final :

Tableau 92 : Matrice du préordre final

Partie IV : Cas pratique

ELECTRE III / IV - [d:\doctorat\halimi.elp]

Fichier Edition Calculs Résultats Options Fenêtre

Matrice du ordre final

	A0001	A0020	A0021	A0022	A0023	A0024	A0025	A0026	A0027	A0028	A0029	A0030	A0002	A0003	A0004	A0005	A0006	A0007	A0008	A0009	A0010	A0011	A0012	A0013	A0014
A0001	I	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0020	P	I	P	P	P	P	R	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0021	R	P	I	P	P	P	P	R	P	P	P	P	P	P	R	R	R	R	P	R	R	R	R	R	R
A0022	P	P	P	I	R	P	P	R	P	P	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0023	P	P	P	R	I	P	P	P	P	R	R	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0024	P	P	P	P	P	I	P	R	P	P	P	P	P	P	R	R	R	R	P	P	R	R	R	R	R
A0025	P	R	P	P	P	P	I	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0026	P	P	R	R	P	R	P	I	P	R	R	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0027	P	R	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0028	P	P	P	P	R	P	P	R	P	I	P	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0029	P	P	P	P	R	P	P	R	P	P	I	R	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0030	P	P	P	P	R	P	P	R	P	P	R	I	P	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
A0002	P	P	P	P	P	P	P	R	P	P	P	I	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0003	P	P	P	R	P	P	P	P	R	R	R	P	I	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0004	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	P	R	P	P	I	P	P	P	P	P	P	R	P	P	P
A0005	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	P	P	R	P	P	I	R	P	P	P	P	P	P	P	P
A0006	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	P	R	P	P	P	R	I	P	P	P	P	P	P	P	P
A0007	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	P	R	P	P	P	P	P	I	P	P	P	R	R	R	R
A0008	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	P	P
A0009	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	P
A0010	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	I	R	P	P
A0011	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	R	P	P	R	P	P	R	P	P	P	R	I	P	P	P
A0012	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	R	P	P	P	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	I
A0013	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	R	R	R	R	R	P	P	R	R	R	R
A0014																									

Prêt

ELECTRE III / IV - [d:\doctorat\halimi.elp]

Fichier Edition Calculs Résultats Options Fenêtre

Matrice du ordre final

	A0001	A0020	A0021	A0022	A0023	A0024	A0025	A0026	A0027	A0028	A0029	A0030	A0002	A0003	A0004	A0005	A0006	A0007	A0008	A0009	A0010	A0011	A0012	A0013	A0014
A0014	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	P	P	R	P	P	P
A0015	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0016	P	P	R	P	P	R	P	P	P	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	R	R	P	P
A0017	P	R	R	R	R	R	P	P	P	R	R	R	R	R	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
A0018	P	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	R	R	P	P	P	P	P	P	P	R
A0019	P	P	P	P	P	P	P	R	P	P	P	R	P	R	P	P	P	P	P	P	P	P	R	P	P

ELECTRE III / IV - [d:\doctorat\halimi.elp]

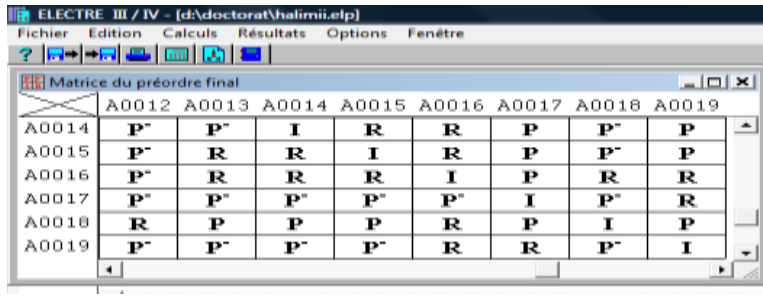
Fichier Edition Calculs Résultats Options Fenêtre

Matrice du préordre final

	A0012	A0013	A0014	A0015	A0016	A0017	A0018	A0019
A0001	P	P	P	P	P	P	P	P
A0020	P	P	P	P	P	R	P	P
A0021	R	R	R	R	R	R	R	P
A0022	P	P	P	P	P	R	P	P
A0023	P	P	P	P	P	R	P	P
A0024	R	P	R	R	R	R	P	P
A0025	P	P	P	P	P	P	P	P
A0026	P	P	P	P	P	P	P	R
A0027	P	P	P	P	P	P	P	P
A0028	P	P	P	P	P	R	P	P
A0029	P	P	P	P	R	R	P	P
A0030	R	P	R	R	R	R	P	R
A0002	P	P	P	P	P	R	P	P
A0003	P	P	P	P	P	R	P	R
A0004	P	R	R	P	R	P	P	P
A0005	P	R	P	P	P	P	R	P
A0006	P	R	P	P	P	P	R	P
A0007	R	R	P	P	R	P	P	P
A0008	P	P	P	P	P	P	P	P
A0009	P	P	P	P	P	P	P	P
A0010	P	R	P	P	R	P	P	P
A0011	P	R	R	R	R	P	P	R
A0012	I	R	P	P	P	P	R	P
A0013	R	I	P	R	R	P	P	P
A0014								

Prêt

Partie IV : Cas pratique



The screenshot shows a window titled "ELECTRE III / IV - [d:\doctorat\halimi.elp]" with a menu bar (Fichier, Edition, Calculs, Résultats, Options, Fenêtre) and a toolbar. The main area displays a "Matrice du préordre final" for actions A0014 through A0019. The matrix is as follows:

	A0012	A0013	A0014	A0015	A0016	A0017	A0018	A0019
A0014	P'	P'	I	R	R	P	P'	P
A0015	P'	R	R	I	R	P	P'	P
A0016	P'	R	R	R	I	P	R	R
A0017	P'	P'	P'	P'	P'	I	P'	R
A0018	R	P	P	P	R	P	I	P
A0019	P'	P'	P'	P'	R	R	P'	I

Le jeu de symboles apparaissant dans cette matrice est choisi dans le menu options (du logiciel). A l'intersection de la ligne correspondant à l'action « a » est de la colonne relative à l'action « b », on aura :

- P si l'action « a » est mieux classée que l'action « b » dans l'un des préordres et au moins aussi bien classée dans l'autre préordre.
- I si les actions « a » et « b » ont le même classement dans les deux préordres.
- R si l'action « a » est mieux classée que « b » dans un préordre et si on a l'inverse dans l'autre préordre.
- P' si l'action « a » est moins bien classée que l'action « b » dans les deux préordres et au plus aussi bien classée que l'action « b » dans l'autre.

Conclusion :

ELECTRE III fait partie des méthodes réalisant des comparaisons par paires d'actions, c'est des méthodes non compensatoires, qui exploitent une problématique de sur-classement, ce dernier est établi en deux étapes celle de la construction de la relation de sur-classement S et celle de l'exploitation de cette relation S

ELECTRE III est la mieux adaptée pour une problématique de classement, puisqu'elle s'appuie sur la définition d'une relation de sur-classement « S » permettant de comparer deux actions « a » et « b » distinctes, donc un classement en comparaison par paires.

Cette étude présente une méthode permettant de traduire d'une façon concrète. Le contexte cadre parfaitement avec les préoccupations de l'analyse multicritère : nombre de proposition de création de micro entreprises importants, souvent difficiles à évaluer (les propositions) vu le nombre important de critères à prendre en considération voire même conflictuel. Comme les autres méthodes d'aide à la décision, la mise en œuvre de la méthode Electre III peut présenter des difficultés. La plus évidente est la construction du tableau des performances pour différentes raisons et, en particulier, concernant l'élaboration de la famille des critères pour l'évaluation des propositions. Le choix des critères doit amener à une famille de critères qui soient exhaustifs et indépendants.

On peut affirmer que les résultats fournis par la méthode Electre III sont fiables. Cette étude doit avoir son intérêt dans la mesure où elle peut nous éviter le non remboursement du crédit. L'étude serait encore plus intéressante dans la résolution des problèmes de prise de décision si on lui associe d'autres méthodes de façon conjointe.

Conclusion Générale

L'Aide à la Décision Multicritère (ADM) a évolué au cours des trois dernières décennies comme l'un des champs les plus importants des sciences de la recherche opérationnelle. La méthode de la désagrégation des préférences qui a été introduite pour développer un modèle de classification, à savoir la méthode UTA suppose que le système de préférences peut être représenté sous la forme d'une fonction d'utilité additive qui est utilisée pour décider de la classification des alternatives dans des groupes prédéfinis. Le principal avantage de cette méthode par rapport aux autres techniques de l'aide multicritère à la décision est que le développement des modèles d'utilité additifs nécessite seulement un minimum d'informations à préciser par le décideur. Contrairement à d'autres méthodes de l'analyse de désagrégation de préférence le décideur n'a pas besoin de spécifier des informations préférentiel détaillée sous la forme de la pondération des critères, des profils de référence, l'indifférence, la préférence, les seuils de veto, etc. Au lieu de cela, seul un échantillon représentatif des décisions réelles qu'il prend est nécessaire. À cet égard, un échantillon de décisions prises sur des situations représentatives englobe toutes les informations requises pour décrire le système de préférences. Étant donné qu'un tel échantillon peut être formé, le processus d'élaboration du modèle est ensuite concentré sur le développement d'un modèle qui peut reproduire les décisions concrètes prises par le décideur. Cette approche est analogue au paradigme de régression bien connu utilisé dans les statistiques et économétrie. De plus amples recherches sont encore nécessaires afin de profiter pleinement des capacités que fournit la modélisation de la relation de surclassement.

Le présent travail a eu pour objectif l'utilisation des méthodes multicritères en vue d'analyser leurs portées dans le processus de la prise de décision relatif à trois cas pratiques :

- à savoir le cas de la constitution d'un portefeuille d'action en bourse le cas étudié été celui de la bourse des valeurs mobilières de Tunis par la méthodologie multicritère constituée de la méthode UTA, la méthode ELECTRE TRI et la programmation mathématique;
- le cas de l'octroi de crédit : le financement de micro projets par l'agence nationale du soutien à l'emploi des jeunes. L'échantillon est de 19 micro projets sur un total traité de 70 projets par semaine. La méthode multicritère proposée ELECTRE III offre plusieurs avantages dont :
 1. La discrimination entre les projets susceptibles de rembourser le crédit des projets révélant un risque de non remboursement de la dette
 2. Avoir une idée plus juste et plus rapprochée de la réalité et fournir des résultats sur les quelles on peut décider vraiment du devenir des propositions de créations.
 3. La décision d'offre de crédit par le biais de l'ANSEJ ne se basera plus uniquement que sur l'étude de dossier, elle ne sera plus administrée.
- et le cas de choix d'investissements au sein des entreprises, il s'agit d'une entreprise détaillante spécialisée dans la fabrication et la distribution de plafonds suspendus et de murs rideaux pour bâtiment. La méthode multicritère proposée est ELECTRE I.

Ces études fournissent de précieux renseignements sur les particularités et caractéristiques qui assurent le bon fonctionnement des méthodes d'Aide à la Décision Multicritères (ADMC), contribuant ainsi à la compréhension de la façon dont l'ADMC peut être utilisé pour soutenir et améliorer le processus de prise de décision. Elles ont permis de couvrir trois types de décision (l'investissement en bourse, l'octroi de crédit et le choix de projets).

Les résultats obtenus dans les trois cas peuvent être considérés comme encourageants pour les méthodes de classification d'ADMC (UTA, ELECTRE TRI, la programmation mathématique, ELECTRE III et ELECTRE I). Dans la plupart des cas, leur performance de classification a été prouvée par rapport aux techniques de classification largement utilisées comme l'analyse discriminante quadratique, l'analyse logit et le cadre fondé sur des règles non-paramétrique de l'approche de jeu rugueux (Macheal DOUMPOUS et al., 2004).

Un effort a été fait dans ce travail pour couvrir le plus largement possible la pléthore des méthodes multicritères d'aide à la décision appliquées dans différents domaines en générale et en finance en particulier, un domaine assez riche de sujets pouvant constituer un terrain parfait pour cette application. Quelques types de décision financière ont été mentionnés (prédiction de faillite, l'évaluation du risque crédit et le choix de projets d'investissements).

Nous avons pu constater aussi par le biais du présent travail que les méthodes multicritères d'aide à la décision présentent beaucoup d'avantages surtout en finance et qu'en présence d'une quantité raisonnable de ressources et d'informations, nous étions capables d'apporter une aide à la décision considérable aux décideurs lorsqu'une situation de choix (ou n'importe quel autre type de problématique multicritère) portant sur plusieurs objectifs et sous plusieurs contraintes se présentait. Les trois démarches proposées dans ce travail présentent alors de nombreux apports pour l'entreprise confrontée à un choix d'investissements, pour le cas de la décision d'octroi de crédit (financement de projets) ou pour les investisseurs en bourse en vu d'une constitution de portefeuille d'action. Les méthodes ADMC permettent :

1. De prendre en compte tous les critères pertinents en gestion de portefeuille.
2. D'éviter toute normativité et de s'adapter aux différents intervenants en gestion de portefeuille.
3. De fournir le cadre méthodologique le plus adéquat pour la résolution des problèmes de décisions financières, avec des résultats stables et cohérents, cela ne peut que favoriser la confiance du décideur envers ces méthodes.
4. D'utiliser conjointement les critères classiques de rendement et de risque et ceux fournis par les modèles d'évaluation de l'analyse, cela respectera au mieux le caractère multicritère des décisions financières et assurera une gestion efficace du portefeuille d'actions
5. L'utilisation conjointe de la méthode UTA+ issue des méthodes de l'approche interactive, de la méthode ELECTRE TRI issue des méthodes de l'approche de surclassement et de la méthode de la programmation mathématique à objectifs multiple issue de la recherche opérationnelle permet de bénéficier des avantages respectifs de ces approches.

6. L'utilisation de la méthode ELECTRE III pour aboutir à un classement des propositions de financement de micro-entreprises, selon plusieurs critères, donnera une idée plus juste et plus rapprochée de la réalité et fournira des résultats sur les quelles on peut décider vraiment du devenir de ces propositions (accepter les propositions prometteuses susceptibles de rembourser leurs prêts), au lieu de mettre en vigueur l'expression « projet pas apte à être financé » lorsqu'il est le cas.
7. De fournir des résultats plus pertinents dans le domaine du choix d'investissements, un domaine qui a été pour longtemps exploité sous une optique monocritère.
8. ELECTRE TRI, ELECTRE I et ELECTRE III en utilisant la notion de surclassement, permettent d'éviter les pièges de la transitivité des relations d'indifférence et de préférence et permettent de faire ressortir les résultats les moins controversables.
9. De fournir au décideur une aide considérable pour comprendre tous les aspects du problème de décision auquel il doit faire face, l'utilisation d'UTA+ et de la programmation mathématique multiobjectif permettent aussi de chiffrer les implications de ses préférences et de son système d'évaluation, de façon à construire de manière interactive son propre modèle de gestion de portefeuilles.
10. Permettant au décideur de conserver un contrôle total sur la constitution du portefeuille d'actions, l'utilisation de la programmation mathématique multiobjectif assure aussi la fixation avec précision des valeurs des objectifs.
11. D'intégrer le décideur dans le processus de la prise de la décision par l'introduction de ses préférences et de l'aider à bien comprendre l'environnement influençant ses décisions.
12. L'analyse de sensibilité- post optimalité- qu'offrent les méthodes d'aide à la décision multicritères permet d'apprécier l'efficacité de ces méthodes et de les mettre en valeurs en finance (encore une fois de plus).
13. Dans un but complémentaire et non comparatif, ces méthodes peuvent se coexister pour constituer entre eux une méthodologie de recherche multicritère.
14. La tentative de la constitution d'un portefeuille d'action dans la bourse de Tunis par le biais des méthodes multicritères, peut être considéré comme l'une des premières études

traitant de ce qui est de l'application conjointe de plusieurs méthodes multicritères dans les bourses du monde arabes en général et dans la bourse de Tunis plus précisément.

15. Les décisions prises par le décideur sont le résultat de son propre système de préférences c'est-à-dire le résultat de la politique de la décision qu'il emploie dans sa pratique quotidienne.
16. L'utilisation de techniques de programmation mathématique à des fins de développement de méthodologie de recherche multicritère fournit une flexibilité accrue.
17. Ces méthodes multicritères peuvent être utilisé (et appliqué) soit seul ou conjointement selon les étapes et les besoins des cas étudiés et ce afin d'aider le décideur dans sa prise de décision.
18. L'utilisation de la programmation mathématique (dernière phase dans la constitution du portefeuille d'action) offre une gamme importante d'approches mesurant l'efficacité du modèle de classification à développer. La mise en œuvre du paradigme de désagrégation des préférences du décideur dans le contexte de la méthode proposée (UTA) a quelques principaux avantages dont suivants:
 - a) Les paramètres des modèles d'utilité additive (pondération des critères et des fonctions de l'utilité marginale) ont une interprétation claire qui peut être comprise par le décideur. Ceci est très important pour comprendre les résultats et les recommandations des modèles développés en ce qui concerne la classification des alternatives et l'amélioration du modèle de sorte qu'il soit le plus cohérent possible avec le système de préférences du décideur. En fait, le processus d'élaboration du modèle dans le contexte des méthodes d'aide à la décision multicritère proposé ne devrait pas être considéré comme un processus automatique simple, qui repose sur la solution d'un problème d'optimisation. Au lieu de cela, la spécification des paramètres du modèle à travers une procédure d'optimisation n'est que la première étape du procédé d'élaboration du modèle.
 - b) Les résultats obtenus lors de cette première étape ne constituent qu'une base de départ pour la poursuite de l'étalonnage du modèle à travers la communication interactive entre le décideur et l'analyste.

- c) La mise en œuvre de ce processus interactif permettra de clarifier et d'éliminer les éventuelles incohérences dans le modèle ou même dans les jugements du décideur.
 - d) L'utilisation de la fonction d'utilité additive permet l'intégration de critères qualitatifs dans le processus de la décision. Beaucoup de méthodes dans les domaines de statistiques, d'économétrie et même des techniques de classification non paramétrique tels que la programmation mathématique et les réseaux neuronaux supposent que tous les critères (variables) sont quantitatives.
 - e) La quantification des critères qualitatifs se fait en premier lieu par une quantification de l'échelle qualitative en affectant une valeur choisie arbitrairement à chaque niveau de l'échelle (par exemple, 0 = faible, 1 = moyen, 2 = élevé). Et un examen de chaque niveau de l'échelle qualitative comme une variable binaire distincte (critère) en deuxième lieu.
19. Les méthodes d'aide à la décision multicritère proposées ne nécessitent pas de changement dans la façon dont les critères qualitatifs sont mesurés, et par conséquent les modèles de classification développés peuvent facilement combiner des critères quantitatifs et qualitatifs. C'est un avantage important, principalement pour la réalité économique où l'information qualitative est essentielle.
20. L'utilisation de la fonction d'utilité multiplicative (celle utilisée dans la constitution du portefeuille d'actions dans la bourse de Tunis a la forme additive) dans les problèmes d'optimisation conduit à des formulations de programmation mathématique non linéaire avec des contraintes non linéaires qui peuvent être très difficiles à résoudre en particulier pour les grands ensembles de données. L'utilisation d'algorithmes d'optimisation de pointe tels que les algorithmes génétiques et des techniques d'optimisation heuristique pourrait être utile à ce stade.

A travers ce travail, nous pouvons envisager d'autres voies possibles pouvant améliorer les résultats que nous avons obtenus :

1. L'utilisation conjointe de plusieurs méthodes multicritères pour la résolution de problèmes économiques

2. Le fait qu'il n'y a aucune étude au niveau national qui a traité l'utilisation des méthodes multicritères pour la prédiction de faillite. Malgré, la recherche existante une le développement de modèles de prévision de défaillance ne doit pas être considérée comme inadéquate pour répondre aux besoins des praticiens. En effet, tout modèle qui considère l'information publiquement disponible (par exemple, les ratios financiers) et les gestionnaires à surperformer les estimations des analystes experts a une utilité pratique évidente.
3. l'illustration des potentialités du cadre d'octroi de crédit, en utilisant les données provenant des portefeuilles de crédit des grandes banques sur le plan national et ce toujours par l'intégration des méthodes multicritères tel que les méthodes de classification.
4. De mener un test de performance des méthodologies proposées, ce test devra porter sur un ensemble de portefeuilles en incluant une révision périodique de la composition du portefeuille, en tenant compte des coûts des transactions et du réinvestissement des dividendes et en comparant les résultats avec ceux des méthodes classiques.
5. De relier ce type de méthodologie avec un modèle d'équilibre de type APT, puisque l'APT met en évidence des facteurs d'influence hors marché et constitue donc un plaidoyer en faveur d'une gestion multicritère des portefeuilles d'actions.
6. Puisque, le domaine de la gestion de portefeuille, outre la sélection et la gestion de portefeuille d'action sur un marché donné, englobe aussi Une autre direction de recherche intéressante sera alors D'étudier l'apport que peut constituer l'utilisation de l'aide aux problèmes de la diversification internationale et de l'utilisation d'autres instruments financiers (tels que les options, ...). Le but final est de regrouper ces différents problèmes en une méthodologie d'aide multicritère à la gestion de portefeuilles qui tient compte de toutes les possibilités offertes par les marchés financiers modernes, et de participer ainsi à l'amélioration de leurs efficience.
7. L'utilisation du modèle de classification de relation de surclassement a été considérée comme le mécanisme d'agrégation de critères à des fins de classification, et ce en spécifiant ses paramètres (pondération des critères, la préférence, l'indifférence et les seuils de veto) sur la base du paradigme de la désagrégation des préférences peut être considérer

comme une futur piste de recherche qui vaut une enquête plus approfondie. Le but est de surmonter certains problèmes de techniques similaires (anciennes) comme ceux qui concernent les problèmes de complexité de calcul et la modélisation de l'essai de discordance.

8. La comparaison des méthodes de classification MCDA à d'autres techniques bien connues. La plupart des études comparatives existantes impliquent la comparaison de différentes méthodes MCDA en termes de leurs fondements théoriques et le type de soutien qu'ils fournissent aux décideurs. Il s'agit de l'analyse de la performance relative des méthodes de classification MCDA par opposition à d'autres existante et qui sont largement utilisées. Cette analyse est d'un intérêt pratique majeur.
9. Comme il est possible de développer de nombreux classement / tri (modèles optimales ou quasi-optimales) à partir d'un ensemble de référence donné, il serait intéressant d'étudier les moyens de combiner les résultats (classification / recommandations de tri). Cette combinaison de la classification / tri de modèles identiques ou différentes formes pourrait avoir un impact positif sur l'exactitude des décisions de classification / tri prises par ces modèles.
10. Un traitement spécial devrait également être accordé à la spécification des paramètres techniques impliqués dans le processus d'élaboration du modèle (par exemple, le critère d'optimalité, contraintes de normalisation imposées sur le développement de fonctions discriminantes, le nombre de points de rupture pour la formulation linéaire par morceaux de l'utilité marginale fonctions techniques fondés sur l'utilité, etc.).
11. Une autre direction de recherche future, qui pourrait porter sur les similitudes et les différences des méthodes de classement (ADMC) et des méthodes de tri. Comme l'ADMC est un arsenal de différentes méthodes de tri / classification, l'analyste devrait être en mesure de recommander au décideur la plus appropriée en fonction des caractéristiques du problème. Fournir une telle recommandation nécessite l'examen des circonstances dans lesquelles les différents modèles d'ADMC donnent des résultats semblables ou différents ; ainsi que la comparaison relative entre la performance des méthodes de classification et celle de tri soumis à différentes conditions de données.

12. Enfin, il est important de souligner la nécessité du développement de systèmes d'aide à la décision multicritères qui ne se concentrent pas seulement sur le développement d'un seul modèle mais ils intègrent également toutes les perspectives de recherche possible. Ces systèmes intégrés qui emploieront les différentes méthodes de classification / tri fourniront un appui majeur pour les décideurs.

Bibliographie

1. A. Guitouni and J. M. Martel, 1998; Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of operational Research*, 109 (2): 501-521, September.
2. A. P. Weirzbicki. 1982 : A mathematical basis for satisficing decision making. *Mathematical Modelling* 3 (25) pp 391-405.
3. A. P. Weirzbicki.1980. The use of reference objectives in multiobjective optimization, in : G. Fandel and T. Gal (eds). *Multiple Criteria Decision making: Theory and Application*, Springer, New York.
4. Abdelkader Adla, 2010 ; Aide à la Facilitation pour une prise de décision Collective : Proposition d'un Modèle et d'un Outil ; Thèse de doctorat Université Toulouse III- Paul Sabatier.
5. Abdelkader HAMMAMI ; 2003 : La modélisation Technico-économique d'une chaîne logistique dans une entreprise réseau. L'école nationale supérieure des Mines de Saint-Etienne, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, France, PhD de la Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec, Canada
6. Acknoff. R.L. 1981 ; The art and science of mess management, *Interfaces*, vol. 11, n°1, Février, p. 20-26
7. Alexis Tsoukias, 2006; De la théorie de la décision à l'aide à la décision. Article disponible ; Laboratoire LAMSADE, Université Paris Dauphine ; p3.
8. Altman, E.I. (1993), *Corporate Financial Distress and Bankruptcy*, John Wiley and Sons, New York.
9. Altman, E.I. and Saunders, A. (1998), "Credit risk measurement: Developments over the last 20 years", *Journal of Banking and Finance*, 21, 1721–1742.
10. Anandalingam G. 1987; A multiple Criteria decision analytic approach for evaluating acid rain policy choices. *European Journal of Operational Research* 29, p336-352.

Bibliographie

11. Andenmatten, A. (1995), Evaluation du Risque de Défaillance des Emetteurs d'Obligations: Une Approche par l'Aide Multicritère à la Décision, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
12. Bardos, M. (1998), "Detecting the risk of company failure at the Banque de France", *Journal of Banking and Finance*, 22, 1405–1419.
13. Belaid Aouni, Anis Allouche, Jean-Marc Martel, 2000 ; Ordonnancement Multicritère à l'aide du Compromise Programming ; Congrès ASAC-IFSAM, Montréal, Québec, Canada.
14. Belaid Aouni. 1998 ; Le modèle de programmation mathématique avec buts dans un environnement imprécis : sa formulation, sa résolution et une application. Thèse de doctorat; Université Laval. Canada.
15. Bellman. R. E et Zadeh. L. A. 1970 ; Decision Making in Fuzzy Environment; *Management Science* 17(2), 141-164.
16. Belton. Y, 1990 ; Multiple Criteria Decision analysis practically the only way to choose; *Operational Research*, Tutorial papers, edited by L. C. Hendry, R. W. Eglese, Operational Society, Birmingham.
17. Benayoun. R, Laritchev. O, de Mongolfier. J, Tegny. J, 1971 ; Linear programming with multiple objective functions: STEP method (STEM), *Math. Program.*1, 3. P.366-375.
18. Bergeron, M., Martel, J.M. and Twarabimenye, P. (1996), "The evaluation of corporate loan applications based on the MCDA", *Journal of Euro-Asian Management*, 2/2, 16-46.
19. Bernard Colasse, 1993 ; *Gestion financière de l'entreprise – Problématique concepts et Méthodes*, 3 édition Revue et augmentée, février 1993, presse universitaires de France, p. 441-523.
20. Bernard Roy et Denis Bouyssou, 1993; *Aide Multicritère à la décision : Méthodes et Cas* ; Edition Economica.
21. Bertrand Mareschal ; *Aide à la décision- Approche multicritère, Méthode Prométhée et GAIA*, Logiciel Decision Lab2000 ; Du : <http://homepages.ulb.ac.be/~bmaresc>

Bibliographie

22. Bertsimas, D., Darnell, C. and Soucy, R. (1999), "Portfolio construction through mixedinteger programming at Grantham, Mayo, Van Otterloo and Company", *Interfaces*, 29, 49-66.
23. Besse. J, Lequin. Y, Teston. J. C, 1976 ; Le choix des investissements ; Pbl-Union.
24. Boritz, J.E. and Kennedy, D.B. (1995), "Effectiveness of neural network types for prediction of business failure", *Expert Systems with Applications*, 9/4, 503-512.
25. Bouyssou Denis, 1990 ; Méthodes d'aide multicritère- fondement et mise en œuvre ; Thèse de Doctorat, Université de Paris-Dauphine.
26. Bouyssou. D., 1984. Approches descriptives et constructives d'aide à la décision : fondements et comparaison ; Thèse de Doctorat, Université Paris-Dauphine.
27. Brans, J. P, Vincke, P. H, 1985; A preference ranking organization method: the Promethee Method; *Management Science*, Vol. 31, p647-656.
28. Brans. J. P, Vincke P. H.? 1985; A preference ranking organization method: the PROMETHEE Methode; *Management Science*, Vol. 31, p. 647-656.
29. Bressy G ; Konkuyt C. 2004 ; *Economie d'entreprise* ; 1^{ière} Ed, édition Dalloz, Paris, p92.
30. C. A. Bana. E. Costa, 1996; Les problématiques de l'aide à la décision : vers un enrichissement de la trilogie choix-tri-rangement ; *Recherche Opérationnelle*, vol. 30, n°2, pp. 191-216.
31. C. L. Hwang, K. Yoon, 1981; *Multiple attribute decision Making: Methods and applications- A state-of-the-art survey*, Springer-Verlag.
32. Cantzler. O,1996 ; Une architecture conceptuelle pour la pérennisation d'histoire globales de conception de produits industriels complexes ; Phd thesis, Ecole Centrale, Paris Laboratoire productique logistique, CF pages 46, 55, 75, 76, 107.
33. Charnes, A. et Cooper W. W. 1961. *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*, Wiley, New York.

Bibliographie

34. Chernes, A. et W. W. Cooper, Goal Programming and Multiple Objectives Optimisations, European Journal of Operational Research, n°. 1, 1977. (39-54)
35. Chouam Bouchama, 2002 ; Evaluation et choix des investissements ; Edition Dar elgharb.
36. Christian Hurson et Constantin Zopounidis; 1997; Gestion de Portefeuilles et Analyse multicritère ; Edition Economica. Paris
37. Colson, G. and de Bruyn, Ch. (1989), “An integrated multiobjective portfolio management system”, Mathematical and Computer Modelling, 12/10-11, 1359-1381.
38. Cronan, T.P., Glorfeld, L.W. and Perry, L.G. (1991), “Production system development for expert systems using a recursive partitioning induction approach: An application to mortgage, commercial and consumer lending”, Decision Sciences, 22, 812-845
39. Darbelet. M, L. Izard, M. Scaramuzza, 1995 ; Notions Fondamentales de gestion d’entreprise ; Editions Foucher, Paris, 441 pages.
40. Denis Babussiaux, 1990 ; Décision d’investissement et calcul économique dans l’entreprise ; édition Economica, ed Technip, Paris.
41. Denis Bouyssou, Didier Dubois, Marc Pilort, Henri Prade. 2006 ; Concepts et méthodes pour l’aide à la décision 3- analyse multicritère ; édition Lavoisier- 25-59.
42. Dill. W, 1962 ; Administrative decision making; Prentice, p25
43. Dimitras, A.I., Slowinski, R., Susmaga, R. and Zopounidis, C. (1999), “Business failure prediction using rough sets”, European Journal of Operational Research, 114, 263-280.
44. Dimitras, A.I., Zanakis, S.H. and Zopounidis, C. (1996), “A survey of business failures with an emphasis on prediction methods and industrial applications”, European Journal of Operational Research, 90, 487-513.

Bibliographie

45. Dimitras, A.I., Zanakis, S.H. and Zopounidis, C. (1996), "A survey of business failures with an emphasis on prediction methods and industrial applications", *European Journal of Operational Research*, 90, 487-513.
46. Dyer, J. S. 1990 ; Remarks on The Analytic Hierarchy Process; *Management Science*, Vol. 36.
47. Edwards Ward. 1971. Social utilities. *European Journal of Operational Research*, 24, 228-238.
48. Elton, E.J. and Gruber, M.J. (1995), *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis* (5th edition), John Wiley and Sons, New York.
49. Evrard, Y. and Zisswiller, R. (1982), "Une analyse des décisions d'investissement fondée sur les modèles de choix multi-attributs", *Finance*, 3/1, 51-68.
50. F. S. Hillier et G. J. Liberman, 2001. *Introduction Operations Research*, 7th Ed., New York: Mc Graw-Hill.
51. Fishburn. P. C. 1970, *Utility theory of decision-making*, John Wiley and Sons, New York.
52. Fishburn. P. C. 1975, *Semiororders and choice functions*, *Econometrica* 43, pp975-977.
53. Forman, E. H, Saaty T. L. 1995, *Expert choice: Decision Support Software*, Expert Choice, Inc., Mc Lean, Virginia.
54. Forman, E. N., Peniwati, K. 1998, *Theory and Methodology: Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process*, *European Journal of Operational Research* 108, 165-169.
55. Foster, G. (1986), *Financial Statements Analysis*, Prentice Hall, London.
56. Fritz, S. and Hosemann, D. (2000), "Restructuring the credit process: Behavior scoring for German corporates", *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 9, 9-21.

Bibliographie

57. Gardiner, L. R. and Steuer, R. E, 1994; Unified interactive multiple objective programming: an open architecture for accommodating new procedures; J. O. R. S, Vol. 45, 12, 1456-1466.
58. Geoffrion. A, Dyer. J, Feinberg. A, 1972; An interactive approach for multicriterion optimization with an application to the operation of an academic department; European Journal of Operational Research. 28, p343-350.
59. Gloubos, G. and Grammatikos, T. (1988), "The success of bankruptcy prediction models in Greece", Studies in Banking and Finance supplement to the Journal of Banking and Finance,7, 37-46.
60. Gremillet. A, 1972 ; Sélection et contrôle des investissements ; Les Editions d'Organisation.
61. Gupta, Y.P., Rao, R.P. and Bagghi, P.K. (1990), "Linear goal programming as an alternative to multivariate discriminant analysis: A Note", Journal of Business Finance and Accounting, 17/4, 593-598.
62. Hannan, E. L., 1981-a, On Fuzzy Goal Programming, Decision Sciences, Vol. 12. (522-531)
63. Hannan, E. L., 1981-b, Some Further Comments on Fuzzy Priorities, Decision Sciences, Vol. 12. (539-541)
64. Harker, P. T., Vargas, L. G, 1987. The Theory of Ratio, Scale estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process; Management Science, Vol. 33, p. 1383-1403.
65. Hertz. D. B, 1964(Janu-Feb), Risk analysis in capital investment; Harvard Business Review, n°1, 95-106; trad. Franç.: 1970 (Mai), Le management.
66. Holder, R.D, 1990; Some Comments on the Analytic Hierarchy Process; Journal of Operational Research 8, p. 123-129.
67. Holtzman. S, 1989 ; Intelligent decision systems; Addison Wesley.

Bibliographie

68. Hurson Ch. and Zopounidis C. (1996), "Méthodologie multicritère pour l'évaluation et la gestion de portefeuilles d'actions", Banque et Marché 28, Novembre-Décembre, 11-23.
69. Hurson, Ch. and Zopounidis, C. (1995), "On the use of multi-criteria decision aid methods to portfolio selection", Journal of Euro-Asian Management, 1/2, 69-94.
70. Hurson, Ch. and Zopounidis, C. (1997), Gestion de Portefeuille et Analyse Multicritère, Economica, Paris.
71. Ibbotson, R. G., Sinquefeld, R. A., 1980; Stocks, bonds, bills and inflation: historical returns 1926-1978; Journal of Finance, 35, n°1, March.
72. Igor Ansoff 1989 ; Stratégie du développement de l'entreprise, Les éditions d'organisation, 282 pages.
73. Jablonsky, J. (1993), "Multicriteria evaluation of clients in financial houses", Central European Journal of Operations Research and Economics, 3/2, 257-264.
74. Jacques-Lagrèze E., Siskos. J, 1982; Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making, the UTA method; European Journal of Operational Research 10(2), p151-164.
75. Jacquet-Lagrèze , 1983. Basic concepts for mulricriteria decision support. In B. Frandel, G., Spronk, J., Matarazzo, editor, Internationel Summer School on Multiple Criteria Decision Making Methods, Applications and Software, volume 1, Acireale, Italy, pages 11-26, 193. Springer-Verlag.
76. Jean Marc Martel and Belaid Aouni, 1998; Diverse Imprecise Goal Programming Model Formulations. Journal of Global Optimisation 12: 127-138. Kluwer Academic Publishers.
77. Jean Marc Martel et Belaid Aouni, 1996, Incorporating the Decision-Makers Preferences in the Goal Programming Model with Fuzzy Goal Values; A new Formulation, Published in Multi-objective Programming and Goal Programming; Tamiz M. (Ed.), Lecture Notes Economics and Mathematical systems, Springer-Verlag.

Bibliographie

78. Jean-Marc Martel, 1999 ; Aide multicritère à la décision méthodes et applications ; CORS-SCRO Annual Conference- June 7-9, 1999-Windsor, Ontario.
79. Joerin Florent, 1997 ; Décider sur le Territoire- Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse Multicritère ; Thèse de Doctorat en Sciences Techniques- Département Génie Rural, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL.
80. Jog, V., Michalowski, W., Slowinski, R. and Susmaga, R. (1999), "The Rough Sets Analysis and the Neural Networks Classifier: A Hybrid Approach to Predicting Stocks' Performance", in: D.K. Despotis and C. Zopounidis (eds.), Integrating Technology & Human Decisions: Bridging into the 21st Century, Vol. II, Proceedings of the 5th International Meeting of the Decision Sciences Institute, New Technologies Editions, Athens, 1386-1388.
81. John, G.H., Miller, P. and Kerber, R. (1996), "Stock selection using RECONTM/SM,, in: Y. Abu-Mostafa, J. Moody, P. Refenes and A. Weigend (eds.), Neural Networks in Financial Engineering, World Scientific, London, 303-316.
82. Kahya, E. and Theodossiou, P. (1999), "Predicting corporate financial distress: A time-series CUSUM methodology", Review of Quantitative Finance and Accounting, 13, 323-345.
83. Keasey, K., McGuinness, P. and Short, H. (1990), "Multilogit approach to predicting corporate failure-Further analysis and the issue of signal consistency", Omega, 18/1, 85-94.
84. Keeney R., Raiffa H. 1976, Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs, John Wiley and Sons, New York.
85. Keeney. R, Raiffa. H, 1976 ; Decision with multiple objectives: performances and value tradeoffs; Wiley, New York, p. 569
86. keeney. R. L. 1992 ; On the foundations of prescriptive decision analysis; in W. Utility Theories: measurements and applications, Edwards (ed), pp. 57-72.

Bibliographie

87. Khalil, J., Martel, J-M. and Jutras, P. (2000), "A multicriterion system for credit risk rating", *Gestion 2000: Belgian Management Magazine*, 15/1, 125-146.
88. Knoepfel, P., Eberle, A., Gerheuser, F. W., Girald, N., 1995a; *Energie et environnement dans la vie politique quotidienne* ; Office du personnel ; Office centrale des imprimés et du matériel, 3000, Berne.
89. Laitinen, E.K. (1992), "Prediction of failure of a newly founded firm", *Journal of Business Venturing*, 7, 323-340
90. Landy, M., 1987 ; *Les rapports entre la complexité et la dimension cognitive de la formulation des problèmes* ; Association Française des sciences et technologies de l'information et des systèmes, p. 3-32.
91. Lathrop W., Watson S. 1982; *Decisions analysis for the evaluation of risk in nuclear waste management*. *Journal of Operational Research. Soc.* 33, p407-418.
92. le cite web de l'agence national de soutien à l'emploi des jeunes : www.ansej.dz
93. Le cite web de la Bourse des valeurs Mobilières de Tunis <http://www.bvmt.com.tn/publications/?view=histo-indicesSect>
94. Le Moigne, J. L., 1974. *Les systèmes de décisions des les organisations*. Presses Universitaire de France, 258p.
95. Lee, H., Kwak, W. and Han, I. (1995), "Developing a business performance evaluation system: An analytic hierarchical model", *The Engineering Economist*, 30/4, 343-357.
96. Lee, H., Kwak, W. and Han, I. (1995), "Developing a business performance evaluation system: An analytic hierarchical model", *The Engineering Economist*, 30/4, 343-357.
97. Lee, S.M. and Chesser, D.L. (1980), "Goal programming for portfolio selection", *The Journal of Portfolio Management*, Spring, 22-26.

Bibliographie

98. Lemoigne. J-L, 1990 ; La modélisation des systèmes complexes Afcet Systèmes ; Paris, Dunod.
99. Lemoigne. L., 1974 ; Les systèmes de décision dans les organisations, dépôt légal, 1^{ère} édition.
100. Lennox, C.S. (1999), "The accuracy and incremental information content of audit reports in predicting bankruptcy", *Journal of Business Finance & Accounting*, 26/5-6, 757-778.
101. Lesourne. J, 1968; L'étude économique dans l'entreprise ; Dunod.
102. Lévine. P. & J. Pomerol, 1989 ; Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts ; édition Hermès.
103. Lintner, J. V., 1965; Security prices, risk and maximal gains from diversification; *Journal of Finance*, 20, n°5, December.
104. Liu, N.K.. and Lee, K.K. (1997), "An intelligent business advisor system for stock investment", *Expert Systems*, 14/4, 129-139.
105. Longueville. B, 2003 ; Capitalisation des processus de décision dans les projets d'innovation : Application à l'automobile ; Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris, Décembre.
106. Lorie. J. H et Savage. L. J., 1955 (Oct) ; Three problems in rationing capital; *Journal of Business*, n°28, 229-239.
107. Lundberg ,1962 ; Administrative decision : A schema for analysis; *The Journal of Academic Management*, vol 5, p81
108. M. Tamiz et D. F. Jones,1995; Algorithmic Improvements to the Method of Martel and Aouni, *Journal of Operational Research Society*.
109. M. Tamiz, D. F. Jones, 1995 ; Improving the flexibility of goal programming via preference modeling techniques; *Omega* 23.

Bibliographie

110. M. Tamiz, D. Jones, C. Romero, 1998 ; Theory and Methodology- Goal Programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art; European Journal of Operational Research 111;569-581.
111. Marc Fumey, 2001 ; Méthode d'évaluation des risques Agrégés : application au choix des investissements et renouvellement d'installations ; Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.
112. Martel, J.M., Khoury, N.T. and Bergeron, M. (1988), "An application of a multicriteria approach to portfolio comparisons", Journal of the Operational Research Society, 39/7, 617-628.
113. Martel. J.M, Rousseau. A, 1993 ; Cadre de référence d'une démarche multicritère de gestion intégrée des ressources en milieu forestier ; Projet de développement de la gestion intégrée des ressources, document technique 93/11 ; Université Lavale, Québec.
114. Masum, R. M., Tabucananin, M. T. 1991, An Integrated Multi-Criteria Approach For Selecting Industries For Investment Promotion. Report n°. I. E & M/232? Asian Institute of Technology, Bangkok.
115. Matsatsinis, N.F., Doumpos, M. and Zopounidis, C. (1997), "Knowledge acquisition and representation for expert systems in the field of financial analysis", Expert Systems with Applications, 12/2, 247-262.
116. Maystre L.Y, Pictect, J., Simos, J. 1994, Méthodes multicritères Electre : Description, conseils pratiques et cas à la gestion environnementale- Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
117. Michael Doumpos and Constantin Zopounidis ; 2004; Multicriteria Decision Aid Classification Methods ; -Applied Optimisation Volume 73. Technical University of Crete; Departement of Production Engineering and Management; Financial Engineering Laboratory. University Campus, Chania, Greece. By Kluwer Academic Publishers Dordrecht.

Bibliographie

118. Mintzberg, H., 1979 ; The structuring of organization; Prentice Hall.
119. Modigliani, F., Miller, M. H., 1985 ; The cost of capital, corporate finance and the theory of investment; The American Economic Review, 45, n°3, June.
120. Murphy, J. (1999), Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications, Prentice Hall Press, New Jersey.
121. Nadeau, R. et M. Landry ; L'aide à la décision : nature, instruments et perspectives d'avenir ; Les presses de l'Université Laval, 1986.
122. Nakayama, H., Takeguchi, T. and Sano, M. (1983), "Interactive graphics for portfolio selection", in: P. Hansen (ed.), Essays and Surveys on Multiple Criteria Decision Making, Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems 209, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 280-289.
123. Narasimhan, R., 1980, Goal Programming in a Fuzzy Environment, Decision Sciences, Vol. 11, 1980. (325-336)
124. P. Korhonen and J. Laakso. 1986. A visual interactive method for solving the multiple criteria problem. European Journal of Operational Research, vol.24, p. 277-287.
125. P. Lévine and J-Ch. Pomerol. 1986. PRIAM an interactive method for choosing among multiple attribute alternatives. European Journal of Operational Research 25, 272-280.
126. Pardalos, P.M., Sandström, M. and Zopounidis, C. (1994), "On the use of optimization models for portfolio selection: A review and some computational results", Computational Economics, 7/4, 227-244.
127. Paul An-Lin Weng, 2006 ; Modèles qualitatifs et approches algébriques pour la décision dans l'incertain : fondements axiomatiques et application à la décision séquentielle ; Thèse de doctorat, Université Paris VI UFR Informatique, Décembre.
128. Peter Farquhar. 1984. Utility assessment methods. Management Science ; Vol.30, No. 11, Novembre, 1283-1300.

Bibliographie

129. Pictet J., Belton V., ACIDE, 2001; Analyse de la compensation et de l'incomparabilité dans la décision. Vers une prise en compte pratique dans MAVT, in AMCDA- Aide Multicritère à la Décision (Multiple Criteria Decision Aiding) edited by A. Colomi M. Paruccini, B. Roy, Joint Research Centre, EUR Report, The European Commission, pp 239-250.
130. Pictet. J, 1996 ; Dépasser l'évaluation environnementale, Procédure d'étude et insertion dans la décision globale ; Collection Meta, Presses Polytechnique et Universitaire Romandes, Lausanne, Suisse.
131. Platt, H.D. and Platt, M.B. (1990), "Development of a class of stable predictive variables: The case of bankruptcy prediction", Journal of Business Finance and Accounting, 17/1, 31-51
132. Pomerol J. C, Barbara Romero S, 1993; Choix multicritère dans l'entreprise ; Hermes, Paris.
133. Pomerol, J. C, Barbara Romero. S, 1993, Choix multicritère dans l'entreprise, édition Hermes, Paris- France
134. R. E. Steuer et E. Choo. 1983. An interactive weighted tchebycheff procedure for multiple objective programming. Mathematical programming, tm. 26, pp. 326-344.
135. Rasmi Ginting et Henri Dou 1973; L'approche multi-décideur multicritère d'aide à la décision. <http://crrm.u-3mrs.fr/sfba/ile-rousse/1997/article23.pdf>
136. Rios-Garcia, S. and Rios-Insua, S. (1983), "The portfolio problem with multiattributes and multiple criteria", in: P. Hansen (ed.), Essays and Surveys on Multiple Criteria Decision Making, Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems 2009, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 317-325.
137. Robert Goffin, 2001 ; Principes de Finance Moderne ; 3^{ème} édition, édition Economica, p. 169-347.
138. Robert Kast, 1993 ; La théorie de la décision. 1^{ère} éd, Ed la découverte, Paris ; p7.

Bibliographie

139. Romero, C. 1991, Handbook of Critical Issues in Goal Programming, Pergamon Press, London.
140. Roper, L. G. C., Sharp, J. A, 1990; The Analytic Hierarchy Process and its application to an Information Technology Decision; Journal of Operational Research Society, Vol. 41, n°1, p. 49-59.
141. Rose, P.S., Andrews W.T. and Giroux, G.A. (1982), “Predicting business failure: A macroeconomic perspective”, Journal of Accounting and Finance, 6/1, 20-31.
142. Ross, S. A., 1976; The arbitrage theory of capital asset pricing; Journal of Economic Theory. n°13, December.
143. Roy, B. 1985, Méthodologie multicritère d’aide à la décision, Economica, Paris, or Multicriteria methodology for decision aiding, Kluwer, Dordrecht, 1996.
144. Roy, B. 1987; Des critères multiples en recherche opérationnelle : Pourquoi ?. Cahier de LAMSADE 80.
145. Roy. B et Bertier. P, 1973(; La méthode Electre II, une application au média planning, communication présentée à la 6^{ème} conférence Internationale de R. O, Dublin Aout 1972, in M. Ross (ed), OR 72, north Amesterdam.)
146. Roy. B et Hugonnard. J. C. 1982 ; Ranking of sububan line extension project on the Paris metro system by a multicriteria method; Transportation Research, Vol. 16 A, n°4, p. 301-312.
147. Roy. B, Bouyssou. D,1993 ; Aide multicritère à la décision : méthodes et cas ; Economica, Paris.
148. Roy. B, 1968 ; Classement et choix en présence de points de vue multiples (La méthode Electre) ; Revue Française d’informatique et de recherche opérationnelle, vol. 2, n°8 ou v1, p.57-55.
149. Roy. B, 1969; Algèbre modern et théorie des graphes orientées vers les sciences économiques et sociales ; Dunod Tome I, Tome II 1970.
150. Roy. B, 1985 ; Méthodologie Multicritère d’aide à la décision ; Paris, Economica ed.

Bibliographie

151. Roy. B, 1992 ; Science de la décision ou science de l'aide à la décision ; Revue internationale de systémique, vol. 6, n°5, pp. 497-529.
152. Roy. B, 2000 ; Réflexions sur le thème : quête de l'optimum et aide à la décision ; In Decision Prospective Auto Organisation. Dunod (Eds).
153. Roy. B. 1976; Management Scientifique et aide à la décision, Acte du colloque internationale IRIA « Information, Automatique et Sciences des organisations, Paris.
154. RPCN 1995
155. Saaty, T. L, 1980; The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority, Resources Allocation. Mc Graw Hill, Inc.
156. Saaty, T.L, 1994-a; Theory and methodology: highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process; European Journal of Operational Research, Vol. 74, p. 426-447.
157. Sami Ben Mena, 2000; Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la décision ; Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2000 4(2), p. 83-93.
158. Savage, L. J., 1954; The Foundations of statistics; New York, NY: Wiley.
159. Scharlig Alain, 1996 ; Pratiquer Electre et Prométhée- Un complément à Décider sur plusieurs critères ; Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
160. Scharlig Alain. 1996 ; Pratiquer Electre et Prométhée- un complément à décider sur plusieurs critères- Presses Polytechniques et universitaire Romandes ; Lausanne Suisse ; p32-33.
161. Scharlig, A. 1985 ; Décider sur plusieurs critères, Panorama de l'aide à la décision multicritère. Lausanne, Suisse : Presse Polytechniques et universitaires Romandes, p304.
162. Scharlig. A. 1985, Décider sur plusieurs critères, Presses Polytechniques, Romandes, Lausanne.
163. Scheniederjans, M. J. 1995; Goal Programming methodology and applications; Kluwer Publishers, Boston.
164. Schneider. D. K., 1994 ; Modélisation de la démarche du décideur politique, dans la perspective de l'intelligence artificielle ; Thèse de doctorat, l'Université de Genève, Suisse.

Bibliographie

165. Sébastien Damart, Albert David et Bernard Roy, 2001 ; Comment organiser et structurer le processus de décision pour favoriser la concertation entre parties prenantes et accroître la légitimité de la décision ?, LAMSADE (Laboratoire d'Analyse et Modélisation de systèmes pour l'Aide à la décision ; Unité de recherche Associée au CNRS ESA 7024- Université Paris Dauphine.
166. Serge Bellut ; 2002, les processus de la décision – Démarches, méthodes et outils, Ed AFNOR .
167. Sharpe, W. F., 1964. Capital Asset Prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk; *Journal of Finance*, September.
168. Simon. H. A, 1976; *Administrative behavior*; third edition, The Free Press, New York, 364 pages.
169. Simon. H. A, 1977; *The New science of management decision*; Prentice hall, Englewood-Cliffs.
170. Simon. H. A, 1997; *Models of Bounded Rationality*; vol. III (Empirically grounded economic reason), The MIT Press, Cambridge, Mass, 457 pages.
171. Sinha, S. B., Rao, K. A and Mangara j. B. K. 1988; Fuzzy goal programming in multi-criteria decision systems: A case study in agricultural planning. *Socio-Economic Planning Sciences* 22(2), 93-101.
172. Siskos, J. (1980). Comment modeliser les preferences au moyen de fonctions d'utilite additives, *RAIRO Recherche Operationelle*, 14, 53-82.
173. Slowinski, R. and Zopounidis, C. (1995), "Application of the rough set approach to evaluation of bankruptcy risk", *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 4, 27-41.
174. Slowinski, R., Mousseau V., 1996, Inferring an ELECTRE TRI model from assignment examples, Cahier n° 140, LAMSADE- Laboratoire et d'Analyse et

Bibliographie

- Modélisation des systèmes pour l'Aide à la Décision, Université de Paris Dauphine, Place du Maréchal de Lattre de Tassigny. Paris, France.
175. Souder, W. E. 1984, Project Selection and Economic Appraisal. MA-Van nostrand Reinold.
176. Srinivasan, V. and Ruparel, B. (1990), "CGX: An expert support system for credit granting", *European Journal of Operational Research*, 45, 293-308.
177. Tamas Gal, Theodore J. Stewart, Thomas Hanne, 1999; *Multicriteria decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory and Applications*; International series in operations research and Management Science;21; Kluwer Academic Publishers.
178. Tamiz, M., Hasham, R. and Jones, D.F. (1997), "A comparison between goal programming and regression analysis for portfolio selection", in: G. Fandel and Th. Gal (eds.), *Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems 448, Multiple Criteria Decision Making, Proceedings of the Twelfth International Conference, Hagen, Germany, Berlin- Heidelberg*, 422-432.
179. Tang, J. C. S, Phataralaoha, Y. 1987, *Project Appraisal for Developing Countries: Systematic Approach*, *Socio-Economic Planning Science*, Vol. 21, n°6, p377-387.
180. Teichrow. D, 1964; *An introduction to management science*; John Wiley & Sons, chap 3.
181. Tessmer, A.C. (1997), "What to learn from near misses: An inductive learning approach to credit risk assessment", *Decision Sciences*, 28/1, 105-120.
182. Theodossiou, P. (1991), "Alternative models for assessing the financial condition of business in Greece", *Journal of Business Finance and Accounting*, 18/5, 697-720.
183. Theodossiou, P., Kahya, E., Saidi, R. and Philippatos, G. (1996), "Financial distress and corporate acquisitions: Further empirical evidence", *Journal of Business Finance and Accounting*, 23/5-6, 699-719.

Bibliographie

184. Timmerman. E, 1986; An approach to vendor performance evaluation. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 1, 27-32.
185. Trentesau. D, 1996 ; Conception d'un système de pilotage distribué, supervisé et multicritère pour les systèmes automatisés de production ; Thèse de doctorat , Institut National Polytechnique de Grenoble (France).
186. Udisubakti Ciptomulyono. 2000, Un modele d'aide à la sélection des projets ; L'intégration de la procédure analyse hiérarchique (AHP) et la programmation mathématique à objectif multiple, avec cas pratique- Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix Marseille.
187. Vanderpooten. D.1989. The interactive approach in MCDA : a technical and computer modelling, *tm*. 12, no10/11, p1213-1220.
188. Vanderpooten. D.1990, The Construction of Prescriptions in Outranking Methods. In C. A. Bana e Costa, editor; *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pages 184-216. Springer-Verlag, Heidelberg.
189. Vincke P. H. 1989, L'aide Multicritère à la décision, édition de l'ULB , Ellipses (English version : Multi-criteria decision aid, Wiley, New York, 1992).
190. Vincke, P. H.1989 ; L'aide Multicritère à la décision, édition de l'ULB (Université Libre de Bruxelles), Ellipses.
191. Vincke. P, 1976 ; Une méthode Interactive en programmation linéaire à plusieurs fonctions économiques ; *Revue Française d'informatique et recherche opérationnelle*, vol. 2, p. 5-20.
192. Von Neumann J. Morgenstern O., 1947; *Theory of Games Economic Behavior*, Princeton University Press, Princeton.
193. Von Neumann. J, O. Morgenstern, 1947; *Theory of games and economic behavior*, 2^{ème} ed, Princeton University Presses, New Jersey.
194. Voogd, H. 1983. *Multicriteria evaluation for urban regional planning*. Pion Limited. London.

Bibliographie

195. Vranas, A.S. (1992), "The significance of financial characteristics in predicting business failure: An analysis in the Greek context," *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 17/4, 257-275.
196. Weingartner. H. M, 1963 ; *Mathematical programming and the analysis of capital budgeting*, Prentice Hall, 44-47.
197. Wilson, R.L. and Sharda, R. (1994), "Bankruptcy prediction using neural networks", *Decision Support Systems*, 11, 545-557.
198. Y. Collette, P. Siary. 2002. *Optimisation multiobjectif*. Edition Eyrolles.
199. Y. Ijiri. 1965. *Axioms and structures of conventional accounting measurement*. *The Accounting Review* (January) 36-53.
200. Zadeh, L. A., *Fuzzy Sets, Information and Control*, Vol. 8, 1965. (338-353)
201. Zakwan Kreit, 2007 ; *Contribution à l'étude des méthodes quantitatives d'aide à la décision appliquées aux indices du marché d'actions ; Thèse de doctorat en Sciences de Gestion – Université Montesquieu- Bordeaux IV, Institut d'Administration des Entreprises. Centre de Recherches en Contrôle et Comptabilité Internationale*.
202. Zavgren, C.V. (1985), "Assessing the vulnerability to failure of American industrial firms. A logistic analysis", *Journal of Business Finance and Accounting*, 12/1, 19–45.
203. Zeleny, M. 1982, *Multiple Criteria Decision Making*. Mc. Graw Hill Book Company, New York.
204. Zeleny. M, and Cochrane, J. L, 1973. *Multiple Criteria Decision Making*, University of South Carolina Press.
205. Zionts S, Wallenius J. 1976; *An interactive programming method for solving the multiple criteria problem*; *Management Science* 22(6), p652-663.
206. Zopounidis, C. (1987), "A multicriteria decision making methodology for the evaluation of the risk of failure and an application", *Foundations of Control Engineering*, 12/1, 45–67.

Bibliographie

207. Zopounidis, C. (1995), Evaluation du Risque de Défaillance de l'Entreprise: Méthodes et Cas d'Application, Economica, Paris.
208. Zopounidis, C. (1999), "Multicriteria decision aid in financial management", European Journal of Operational Research, 119, 404-415.
209. Zopounidis, C. and Dimitras, A.I. (1998), Multicriteria Decision Aid Methods for the Prediction of Business Failure, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
210. Zopounidis, C. and Doumpos, M. (1998), "Developing a multicriteria decision support system for financial classification problems: The FINCLAS system", Optimization Methods and Software, 8, 277-304.
211. Zopounidis, C. and Doumpos, M. (2000a), Intelligent Decision Aiding Systems Based on Multiple Criteria for Financial Engineering, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
212. Zopounidis, C. and Doumpos, M. (2000b), "INVESTOR: A decision support system based on multiple criteria for portfolio selection and composition", in: A. Colomi, M. Paruccini and B. Roy (eds.), A-MCD-A (Aide Multi Critère à la Décision – Multiple Criteria Decision Aiding), European Commission Joint Research Centre, 371-381.
213. Zopounidis, C., Despotis D.K. and Kamaratou, I. (1998), "Portfolio selection using the ADELAIS multiobjective linear programming system", Computational Economics, 11/3 (1998), 189-204.
214. Zopounidis, C., Matsatsinis, N.F. and Doumpos, M. (1996), "Developing a multicriteria knowledge- based decision support system for the assessment of corporate performance and viability: The FINEVA system", Fuzzy Economic Review, 1/2, 35-53.

Résumé: Les décisions financières sont d'ordinaire envisagées dans une optique d'optimisation par une évaluation des indicateurs permettant d'apprécier les effets positifs et négatifs d'un alternatif par rapport aux objectifs prédéfinis. Cette problématique d'optimisation a suscité deux vagues en recherche opérationnelle la modélisation monocritère classique puis celle multicritère. Cette dernière permet une approche plus globale et plus réaliste en passant du cadre restrictif de l'optimisation au cadre méthodologique approprié qui respecte le caractère multicritère des décisions financières et qui tient en compte des systèmes de préférences des décideurs. L'objet de ce présent travail est de proposer une méthodologie d'aide à la décision multicritère au processus de la prise de décision financière tel que la constitution de portefeuille (par les méthodes UTA, ELECTRE TRI et la programmation mathématique), l'octroi de crédit (par la méthode ELECTRE III) et le choix d'investissements (par la méthode ELECTRE I).

Mots clés : L'aide à la décision, la modélisation multicritère, les systèmes de préférences des décideurs, la décision financière (constitution de portefeuille d'action, octroi de crédit, choix d'investissements), les méthodes UTA, la famille ELECTRE (TRI, III et I) et la programmation mathématique.

الملخص: اتاح ميدان بحوث العمليات فرصة البحث عن الحل الامثل لمشاكل إتخاذ القرارات عامة و القرارات المالية خاصة، وذلك عن طريق مقارنة أداء البدائل المتاحة بالنسبة للأهداف المسطرة مسبقا، هذا البحث ما لبث أن تطور مخلفا وراءه النظرة الكلاسيكية للمختلف القرارات عامة و القرارات المالية خاصة والتي أعتبرت هذه الأخيرة أحادية المعيار بينما في حقيقة الأمر تتمتع هذه القرارات بخصوصية تعدد المعايير الواجب اعتمادها لحل مشكل إتخاذ القرار. هذه النظرة الجديدة التي أطلق عليها إسم النمذجة المتعددة المعايير سمحت من جهة بأحترام خاصية تعدد المعايير للقرارات المالية و بإدماج متخذ القرار في عملية إتخاذ القرار عن طريق اعتماد تفضيلاته من جهة أخرى. يهدف هذا العمل لأقتراح منهجية مساعدة على إتخاذ القرار المتعدد المعايير في الميدان المالي حيث أقتصر (هذا العمل) على قرار تكوين المحفظة المالية (باستخدام الطرق: UTA ، ELECTRE TRI و البرمجة الرياضية) ، قرار منح القرض (باستخدام طريقة ELECTRE III) وأخيرا قرار اختيار الإستثمارات (باستخدام طريقة ELECTRE I).

الكلمات المفتاحية: المساعدة على إتخاذ القرار، النمذجة المتعددة المعايير، تفضيلات متخذ القرار، القرار المالي (قرار تكوين محفظة مالية، قرار منح القرض، اختيار الإستثمارات)، الطرق UTA ، ELECTRE (TRI III I) و البرمجة الرياضية.

Abstract: Financial decisions are usually considered with a view to optimization evaluation of indicators to assess the positive and negative effects of an alternative compared to predefined targets. This issue of optimization sparked two waves in operations research modeling and classical mono-criterion the Multi. This last allowed a more comprehensive and realistic approach through the restrictive context of optimizing the appropriate methodological framework that respects the character of multi-criteria decision financial and holding into account preference of decision makers systems. the subject of this work is to propose a methodology for multi-criteria decision process of financial decision making among which (a) portfolio construction: UTA method, ELECTRE TRI approach and mathematical programming, (b) credit granting (ELECTRE III method) and (c) the choosing investments (ELECTRE I method).

Key Words: Decision aid; multi-criteria modeling; preference systems of decision-maker; financial decision (the portfolio construction, credit granting; choosing investments); the methods: UTA; the ELECTRE (TRI; III; I) family; and mathematical programming.