

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mustapha Stambouli de Mascara  
Faculté des Sciences Exactes  
Département d'informatique



# Polycopié de Cours Systèmes d'Information d'Aide à la Décision

Présenté par :  
Dr.SETTI AHMED Soraya, Maître de conférences B

**Mars 2019**

Ce support du cours de systèmes d'information d'aide à la décision est destiné aux  
étudiants de Master 2

Option : SITW, Systèmes d'Informations et Technologies Web

Département d'Informatique

Faculté de sciences exactes

Université de Mascara

# Table des matières

Introduction générale.....	07
Chapitre I : Théorie de la décision.....	10
1 Introduction.....	11
1.1. Principes de la théorie de la décision.....	11
2. Choix et préférences.....	12
2.1. Choix.....	12
2.2. Préférences.....	12
2.3. Lien entre choix et préférences.....	13
3. Représentation ordinale .....	14
4. Préférences sur choix incertains.....	15
4.1. Préférences sur les probabilités objectives.....	15
4.2. Utilité espérée.....	15
4.3. Théorème de Von-Neumann et Morgenstern.....	16
4.4. Préférences et incertain subjectif.....	17
4.4.1. Paris sur des loteries.....	17
4.4.2. Les axiomes.....	17
4.4.3. Utilité dépendante de l'état.....	18
5. Etat de la nature.....	19
5.1 Etat de la nature et résultat.....	19
5.2 Matrice de décision.....	19
5.3 Matrice de décision d'utilité.....	20
5.4 Arbre de décision .....	20
6 .Caractéristiques des décisions en analyse de la décision.....	22
6.1 Les préférences individuelles des individus.....	22
7. Analyse de décision dans l'incertitude.....	22
8. Décision dans le risque.....	31
8.1. Critère de Pascal : Maximum de l'espérance Mathématique.....	32
9. Conclusion.....	34
10. Exercice.....	35
Chapitre II : Aide à la Décision.....	37
1. Introduction.....	38
2. L'aide à la décision : concepts fondamentaux.....	38
2.1. Décision.....	38
2.2 Les différents types de décisions.....	39
2.3 Niveau de structuration des décisions.....	39
2.4 L'aide à la décision.....	41
2.4.1 Définition.....	41
2.4.2. Les acteurs de l'aide à la décision.....	41
3. Les modèles de décision.....	42
3.1 Les modèles normatifs.....	42
3.2 Les modèles descriptifs.....	43
4. Le décisionnel.....	43
5. Processus de décision.....	44
6. Historique des systèmes décisionnels.....	46

7. Conclusion.....	47
Chapitre III : Systèmes interactifs d'aide à la décision.....	48
1. Introduction.....	49
2. Les systèmes interactifs d'aide à la décision.....	49
2.1 Définition des SIAD.....	49
2.2 Critères d'un SIAD.....	51
3. Typologies des Systèmes d'aide à la décision.....	53
3.1 Classification en fonction de la quantité d'informations manipulées.....	53
3.2 Classification en fonction du niveau de décision.....	53
3.3 Classification en fonction de l'envergure de la décision.....	54
3.4 Classification en fonction du niveau conceptuel du système.....	54
4. Exemples de domaines d'application des SIAD.....	55
4.1 Un système d'allocation de wagon.....	55
4.2 La gestion de la production.....	55
5. Informatique décisionnelle.....	56
5.1 Entrepôt de données.....	56
6. Conclusion.....	59
Chapitre IV : Les systèmes interactifs intelligents d'aide à la décision.....	60
1. Introduction.....	61
2. Etat de l'art.....	61
3. Les systèmes d'aide à la décision de groupe (GDSS) .....	64
3.1. Définition d'un GDSS.....	64
3.2. Décision de groupe (collective) .....	64
3.3. Avantages et limites d'un GDSS.....	65
3.4. Structure d'un GDSS.....	66
3.5. Les types de GDSS.....	66
3.6. L'aide à la décision de groupe distribuée.....	67
3.6.1. Architectures des GDSS distribués.....	67
3.6.2. Architecture décentralisée.....	68
3.6.3. Architecture hybride.....	69
4. Groupware.....	71
5. Workflow.....	71
6. Les SIAD Multi Agents.....	71
7. Conclusion.....	72
Chapitre V : Outils et Méthodes d'aide à la décision : Analyse Multi critères.....	73
1. Introduction.....	74
2. L'Aide Multicritère à la Décision (AMCD) .....	74
2.1 Définitions de l'AMCD.....	74
3. Paradigme monocritère multicritère .....	74
4. Terminologie associée.....	74
4.1. Action .....	75
4.2. Critère .....	75
4.3. Tableau des performances.....	75
4.4. Relation de surclassement.....	76
4.5. Relation entre les actions.....	76
4.6. Les paramètres subjectifs .....	75
4.6.1. Paramètres intercritères.....	75
4.6.2. Paramètres intracritères.....	75
4.7 Agrégation multicritère.....	75
5. Les différentes problématiques en Aide Multicritère à la décision.....	76

6. Les méthodes d'aide multicritères à la décision.....	79
7. Démarche générale d'une méthode multicritère.....	79
7.1. Dresser la liste des actions potentielles.....	79
7.2. Cerner la famille des critères.....	77
7.3. Etablir la matrice des performances.....	77
7.4. Agréger les performances.....	77
8. La famille ELECTRE.....	77
8.1. ELECTRE I.....	77
8.2. ELECTRE II.....	78
8.3. ELECTRE III.....	78
8.4. ELECTRE IV.....	82
8.5. ELECTRE TRI.....	83
8.6. ELECTRE IS.....	83
9. La famille PROMETHEE .....	83
9.1. Fondements de la méthode.....	84
10. Les méthodes basées sur la théorie de l'utilité.....	84
10.1. La méthode MAUT.....	84
10.2. La méthode de la somme pondérée.....	84
10.3. Autres méthodes.....	84
11. Comment choisir une méthode d'analyse multicritère .....	85
12. Conclusion.....	85
Conclusion générale.....	86
Bibliographie.....	87
Annexe.....	92

# Liste des figures :

Figure 1.1. L'arbre de décision .....	21
Figure 1.2 : Arbre de décision de l'état du marché.....	24
Figure 1.3 : Arbre de décision du critère MaxiMax de l'état du marché.....	25
Figure 1.4 : Arbre de décision du critère Wald ou MaxiMin. ....	26
Figure 1.5: Arbre de décision du critère de Savage. ....	27
Figure 1.6: Arbre de décision du critère de Laplace. ....	28
Figure 1.7: Arbre de décision du critère d'Hurwicz. ....	30
Figure 1.8 : Arbre associé.....	34
Figure 2.1 Types de décisions .....	39
Figure 2.2 Procédé d'extraction des connaissances. ....	44
Figure 2.3.Processus de décision de Simon.....	45
Figure 3.1 Principe des SIAD d'après (Bonczek, 1956) .....	50
Figure 3.2 Composition d'un système Interactif d'Aide à la Décision.....	52
Figure 3.3 Les grands éléments d'un système décisionnel.....	57
Figure 4.1 les composants du SIAD Selon Marakas [2003] .....	61
Figure 4.2 : Architecture conceptuelle de I-DMSS .....	63
Figure 4.3 Architecture centralisée.....	68
Figure 4.4 Architecture décentralisée.....	69
Figure 4.5 Architecture hybride.....	70

# Liste des tableaux :

Tableau 1.1. Matrice de décision.....	20
Tableau 1.2. Matrice de décision d'utilité.....	20
Tableau 1.3. L'état du marché.....	23
Tableau 1.4. Matrice des résultats.....	26
Tableau 1.5 Matrice des regrets. ....	27
Tableau 1.6 Résultat des calculs du critère Laplace.....	28
Tableau 1.7 Résultat des calculs du critère d'Hurwicz. ....	29
Tableau 1.8 Résultat des calculs du critère de Bernoulli. ....	31
Tableau 1.9: Comparaison des critères. ....	31
Tableau 1. 10 Exemple de jeu de pile ou face (100 € d'enjeu) .....	32
Tableau 1.11 : matrice des résultats.....	32
Tableau 1.12 : Critère de Pascal : jeu de pile ou face (100 € d'enjeu) .....	33
Tableau 1.13 : matrice de décision (matrice des gains) suivantes (€en K").....	33
Tableau 1.14 : les probabilités de chaque état sj.....	33
Tableau 1.15 : Matrice des résultats.....	34
Tableau 2.1 : Méthodes et techniques de prise de décision.....	41
Tableau 4.1 Situations de coopération.....	66
Tableau 5.1 Matrice d'évaluation.....	76
Tableau 5.2 Les quatre problématiques de référence.....	79

# Notations et abréviations :

- **AD** : Aide à la Décision
- **ED** : Entrepôts de données
- **EDI** : Echange de Donnée Informatisée.
- **EIS** : Exécutive information system.
- **IMC** : intelligence, modélisation, choix.
- **NTIC** : les Nouvelles Technologies d'informations et de communication.
- **OLAP** : On-Line Analytical Processing
- **SAD ou SIAD** : système d'aide à la décision ou système d'information d'aide à la décision.
- **SI** : système d'information.
- **SID** : Système d'Information Décisionnel
- **STT** : Systèmes de Traitement des Transactions.
- **TI** : technologie d'information.



# **Introduction générale**

*« La puissance ne consiste pas à frapper fort ou souvent, mais à frapper juste ». Balzac*

### Introduction générale

Ces dernières décennies l'environnement mondial, connaît un processus de mutation et de globalisation économique, sociale et culturelle, dont le moteur est l'émergence et la convergence des technologies de l'information et de communication. Ceci est bien constatable et remarquable dans les grandes entreprises, ces dernières font de l'information une ressource stratégique pour la prise de décision. L'information paraît, donc, comme un élément fédérateur dans tout système d'information, elle est essentielle à toute démarche de construction d'une décision appropriée à la situation dans laquelle se situe l'entreprise. Cette dernière est contrainte, pour sa pérennité, de concevoir un système d'information approprié afin d'atteindre les objectifs fixés.

Cette information est véhiculée dans des supports et moyens qui, modifient sa disponibilité, sa rapidité, son analyse et traitement. Ces moyens-supports sont appelés communément, les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC).

De nos jours, il est quasiment impossible de disposer de l'information sans utiliser un moyen ou un autre des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Le support devient une incorporation du produit transmis et qui influe considérablement sur ses caractéristiques. La qualité, pour certains la pertinence, de l'information est intimement liée au moyen de sa transmission et de son utilisation par le dirigeant d'entreprise dans la prise de décision.

Dans l'entreprise le système d'information (SI) a pour objectif de faciliter l'établissement et la mise en œuvre de la stratégie, en particulier de concrètement supporter la réalisation des activités. Il est construit à partir des exigences des métiers, des processus définis par l'entreprise, et il est constitué de l'ensemble des moyens (humains, logiciels, matériels) utilisés pour collecter, stocker, traiter et communiquer les informations.

Il est d'usage de distinguer trois types différents de SI, les systèmes supportant la conception des produits (calcul numérique, CAO, ...), les systèmes industriels (conduite de machines, contrôle de processus industriel, ...) et les systèmes de gestion. Ces derniers couvrent toutes les activités de gestion du fonctionnement de l'entreprise (marketing, vente, achat, production, logistique, finance, ressources humaines, R&D). Pour des raisons techniques, qui existent toujours en partie aujourd'hui, les systèmes d'information de gestion ont été historiquement structurés en deux sous systèmes : l'un dit opérationnel qui prend en charge la réalisation des opérations au jour le jour, et l'autre dit décisionnel qui fournit des informations pour définir la stratégie, piloter les opérations et analyser les résultats.

Un système décisionnel est donc avant tout un moyen qui a pour but de faciliter la définition et la mise en œuvre de stratégies gagnantes. Mais il ne s'agit pas de définir une stratégie une fois pour toute, mais d'être à même de continuellement s'adapter à son environnement, et de le faire plus vite que ses concurrents. Pour cela il convient de bien comprendre son environnement, d'ajuster ses interactions avec lui en faisant les meilleurs choix de cibles et d'actions. En conséquence, les gestionnaires du risque ont de plus en plus recours à l'informatique pour se doter d'outils puissants d'aide à la décision. Ce support de cours a pour objectif d'apporter les connaissances nécessaires au développement de tels outils. Il est structuré en cinq chapitres :

Un premier faisant le tour des notions et fondements nécessaires de la théorie de la décision Au deuxième chapitre, nous expliquons de façon détaillée, en quoi consistent la prise de décision et le concept de modèle, nous abordons ensuite les étapes du processus de décision à savoir : Recherche d'informations, la Conception, le choix et l'évaluation.

Les modèles d'aide à la décision sont le point de départ obligé de l'étude des systèmes informatiques d'aide à la décision.

Cet historique sur l'aide à la décision est suivi d'une description des systèmes interactifs d'aide à la décision dont le chapitre 3 fait partie



Les systèmes interactifs d'aide à la décision (SIAD), leur évolution vers l'Informatique Décisionnelle pour les systèmes orientés données

Le quatrième chapitre présente l'expansion des systèmes d'aide à la décision vers les systèmes intelligents, des systèmes de groupe distribués.

Finalement le cinquième chapitre présente en détail une parmi les méthodes d'aide à la décision qui est l'aide multicritère. Nous concluons ce support par une conclusion générale.

Enfin, il sera utile de signaler que le contenu du cours n'était pas mentionné dans le canevas juste les grands chapitres et il a été amélioré pendant quatre années d'enseignement consécutives du module de "Systèmes d'information et d'aide à la décision" depuis l'année universitaire 2015-2016 jusqu'à l'année universitaire en cours 2018-2019, en outre et pour consolider les connaissances des étudiants, une collection des exposés ont leurs été proposés couvrant plusieurs thématiques liées au domaine des systèmes d'aide à la décision. C'est pourquoi, ce document peut être d'usage important pour le développement des projets PFE de fin d'études des étudiants en deuxième année de master SITW.



## Chapitre I

# **Théorie de la décision**

## 1 Introduction

La théorie de la décision est une discipline mathématisée qui étudie les décisions d'un agent, le plus souvent d'un individu, qu'elle suppose rationnel et considère isolément des autres. Avec la théorie des jeux et la théorie des choix collectifs, elle fait partie des spécialités mathématiques du choix rationnel, qui servent d'auxiliaires techniques à l'économie et, beaucoup plus rarement, à d'autres sciences sociales.

Pourquoi élaborer une théorie pour prendre des décisions ? Quels décideurs ressentent-ils la nécessité d'une théorie ? Nous prenons des décisions à chaque instant sans que cela ne nous pose de problème. Souvent, pourtant, nous rencontrons des situations où les conséquences de nos choix méritent réflexion, où nous éprouvons le besoin d'analyser, de rationaliser et, si cela est possible, de nous faire aider. Lorsque tel est le cas, nous devenons un décideur, nous pouvons éprouver le besoin de justifier nos choix, voire être fortement invités à le faire par ceux devant lesquels nous sommes responsables. Une théorie sur laquelle peuvent se fonder les choix — une théorie de la décision — répond à ce besoin : elle permet de rationaliser les décisions. [ 76]

La difficulté de justifier ses choix n'est pas la seule que peut rencontrer un décideur. Même dans le cas où la décision ne concerne que lui-même, le décideur peut ne pas savoir comment « prendre » le problème, c'est-à-dire comment l'analyser, décrire les décisions alternatives et leurs conséquences, mesurer la portée de ses actes... C'est aussi pour tenter de répondre à ces questions que la théorie de la décision s'est développée.

### 1.1. Principes de la théorie de la décision

La théorie de la décision s'appuie sur les axiomes de probabilité et d'utilité. Les probabilités sont un outil puissant permettant d'explicitier les notions de croyance partielle sur des informations incomplètes. La théorie de la décision étend l'outil de la probabilité en évaluant chaque alternative. Si une proposition a une probabilité de 1, il est pertinent de croire en cette alternative. La théorie de la décision fournit les principes pour l'inférence rationnelle et la prise de la décision dans l'incertain. Quant à la théorie de l'utilité, elle apporte pour sa part, un ensemble de principes pour rendre cohérentes les préférences et les décisions. Les préférences sont les résultats de l'évaluation de l'agent pour des états du monde. La théorie est fondée sur un ensemble d'axiomes simples et de règles concernant le choix dans l'incertitude.

– Le premier ensemble d'axiomes évoque la préférence de résultats dans l'incertain. Ces axiomes assurent un ordre de préférence sur les résultats en utilisant une fonction de valeur  $V(x)$ . À chaque résultat correspond une valeur scalaire. La préférence de l'agent ira vers la plus grande valeur.

– Un second ensemble d'axiomes assurent un ordre relatif dans le cas de résultats multiples dans une situation incertaine. Cette fois à chaque couple résultat ( $x$ ) et décision ( $d$ ) est associé une valeur scalaire en utilisant une fonction scalaire d'utilité  $U(x, d)$ . Lorsqu'il existe une incertitude sur le résultat  $x$ , les décisions préférées sont celles qui maximisent l'espérance d'utilité  $E[U(x, d)|\mu]$  selon la probabilité de distribution de  $x$  et étant données les informations disponibles ( $\mu$ ). Grâce à l'ensemble des principes de la théorie de l'utilité, l'acteur doit pouvoir être capable de l'exploiter c'est le critère de rationalité. Le critère de rationalité peut être décrit de la façon suivante [54] :

Soit un ensemble de préférences exprimées par une fonction d'utilité, des croyances exprimées par des distributions de probabilité, et un ensemble de décisions possibles.



La théorie de la décision modélise le comportement d'un agent face à des situations de choix. Nous décrivons les choix d'un agent, et les relient à une notion de préférences. Nous montrons sous quelles conditions les relations de préférences peuvent être représentées par une fonction d'utilité, et quand elles impliquent l'existence de croyances de l'agent sur les différents états du monde, représentables par des probabilités. La théorie de la décision modélise le comportement d'un agent face à des situations de choix. Nous décrivons les choix d'un agent, et les relient à une notion de préférences. Nous montrons sous quelles conditions les relations de préférences peuvent être représentées par une fonction d'utilité, et quand elles impliquent l'existence de croyances de l'agent sur les différents états du monde, représentables par des probabilités.

## 2. Choix et préférences

Nous commençons par décrire des préférences d'un agent, et des choix, et établissons un lien naturel entre ces deux notions.

### 2.1. Choix

Nous partons d'un ensemble fini  $X$  d'alternatives. Un agent peut effectuer un choix parmi un sous-ensemble de  $X$  d'alternatives qui lui sont proposées. Soit donc  $2^X$  l'ensemble des parties de  $X$ .

Définition 1. Une fonction de choix est la donnée de  $c: 2^X \setminus \{\emptyset\} \rightarrow 2^X \setminus \{\emptyset\}$  telle que pour tout  $A \subset X$ ,  $c(A) \subset A$ .

L'interprétation est la suivante : si l'agent a le choix entre les éléments de  $A$ , cet agent dira que tous les éléments de  $c(A)$  conviennent, ou bien choisira indifféremment parmi les éléments de  $c(A)$ .

Certaines fonctions de choix vérifient des propriétés qui les rendent plus "plausibles" que d'autres. Nous étudierons plus particulièrement l'influence des axiomes suivants, appelés axiomes  $(\alpha)$  et  $(\beta)$  de S en :

- $(\alpha)$  : Si  $x \in B \subset A$  et  $x \in c(A)$ , alors  $x \in c(B)$
- $(\beta)$  : Si  $x, y \in c(A)$ ,  $A \subseteq B$ , et  $y \in c(B)$ , alors  $x \in c(B)$ .

On peut traduire ces axiomes en langage courant de la manière suivante : Pour l'axiome  $(\alpha)$ , "Si le champion du monde d'un jeu est pakistanais, alors ce pakistanais doit aussi être champion du Pakistan." Pour l'axiome  $(\beta)$ , "Si le champion du monde est pakistanais, alors tous les champions du Pakistan sont aussi champions du monde."

### 2.2. Préférences

Définition 2. Une relation de préférences est la donnée d'un ensemble de paires d'éléments  $(x, y)$  de  $X \times X$  pour lesquels nous écrivons  $x > y$ . La relation  $x > y$  est interprétée par : "l'agent préfère strictement  $x$  à  $y$ ".

Voici une liste d'axiomes sur les relations de préférences :



**Asymétrie**  $x > y \Rightarrow -y > x$ . Si  $x$  est strictement préféré à  $y$ , alors  $y$  n'est pas strictement préféré à  $x$ .

**Transitivité**  $(x > y \text{ et } y > z) \Rightarrow x > z$ .

**Irreflexivité**  $-x > x$ . Il n'existe pas de  $x$  strictement préféré à lui-même.

**Transitivité négative**  $(-x > y \text{ et } -y > z) \Rightarrow -x > z$ .

**Acyclicité**  $x_1 > x_2 > \dots > x_n \Rightarrow -x_n > x_1$ . Si chaque  $x_i$  est strictement préféré à  $x_{i+1}$ , alors  $x_n$  n'est pas préférée à  $x_1$ .

Définition 3. Nous dirons qu'une relation de préférences est rationnelle si elle est asymétrique et négativement transitive.

Une relation de préférences ainsi définie possède forcément les autres propriétés de la liste :

Proposition 4. Une relation de préférences rationnelle est irreflexive, transitive, et acyclique.

Une relation de préférences rationnelle est un ordre partiel.

A partir d'une relation binaire  $>$ , nous pouvons définir une relation de préférences faibles  $\geq$  et une relation d'indifférence  $\sim$  par :

$x \geq y$  si  $-y > x$

$x \sim y$  si  $-y > x$  et  $-x > y$

Voici quelques propriétés des relations  $\geq$  et  $\sim$  lorsque  $>$  est rationnelle.

Proposition 5. Supposons que  $>$  est une relation de préférences rationnelle, alors

- Pour tout  $x$  et  $y$ , on a soit  $x > y$ , soit  $y > x$ , soit  $x \sim y$ .

-  $x \geq y$  est complète (on a toujours  $x \geq y$  ou  $y \geq x$ ) et transitive.

-  $\sim$  réflexive ( $x \sim x$  pour tout  $x$ ), symétrique ( $x \sim y$  si et seulement si  $y \sim x$ ), et transitive.

-  $w > x$ ,  $x \sim y$  et  $y > z$  impliquent  $w > y$  et  $x > z$ .

-  $x \geq y$  si et seulement si  $x > y$  ou  $x \sim y$ .  $-x \geq y$  et  $y \geq x$  si et seulement si  $x \sim y$ .

### 2.3. Lien entre choix et préférences

Deux idées simples et importantes relient les choix et les préférences. Si un agent possède des préférences, ceci doit avoir une implication en termes de choix. Lorsqu'on cherche quelles sont les relations de préférences compatibles avec des choix (s'il en existe), on parle de préférences révélées

#### 2.3.1. Comment les préférences définissent des choix

Soit  $>$  une relation binaire sur  $X$ . On définit une fonction  $c(\cdot, >)$  par :

$c(A, >) = \{x \in A : \text{pour tout } y \in A \text{ } \neg y > x\}$

$c(A, >)$  est donc le sous-ensemble des éléments de  $A$  qui ne sont pas dominés par d'autres éléments de  $A$ . Si  $>$  représente les préférences de l'agent, alors ses choix doivent obéir à  $c(\cdot, >)$ . Sous quelles conditions sommes-nous sûrs que  $c(\cdot, >)$  est une fonction de choix?



Proposition 6. *Etant donnée une relation binaire  $>$ ,  $c(\cdot, >)$  est une fonction de choix si et seulement si  $>$  est acyclique.*

Montrons que l'acyclicité implique  $c(B, >) \neq \emptyset$ . C'est une conséquence de  $X$  fini. Réciproquement,  $>$  n'est pas acyclique, soit  $x_1 > x_2 > \dots > x_n > x_1$ . On a alors  $c(\cdot, >)(\{x_1, x_2, \dots, x_n\}) = \emptyset$ .

### 2.3.2. Représentation des choix par des préférences rationnelles.

Nous partons maintenant d'une fonction de choix  $c$ , et cherchons sous quelles conditions il existe une relation de préférences rationnelle  $>$  telle que  $c$  soit la fonction de choix correspondant à  $>$  ( $c(\cdot, >) = c$ ).

Proposition 7. *Etant donnée une relation binaire  $>$ , il existe une relation rationnelle  $>$  telle que  $c = c(\cdot, >)$  si  $>$  vérifie les axiomes  $(\alpha)$  et  $(\beta)$  de Sen. De plus, cette relation est alors unique.*

Démonstration : Tout d'abord, supposons  $c = c(\cdot, >)$ , avec  $>$  rationnelle. Pour montrer  $\alpha$ , il suffit de remarquer que  $\nexists y \in A, y > x$  implique  $\nexists y \in B, y > x$ , pour  $B$  sous-ensemble de  $A$ . Pour  $\beta$ , supposons  $(x, y) \in c(A)$ , on a alors  $x \sim y$ . Si  $x \in c(B)$  avec  $A \subset B$ ,  $\forall z \in B, z \leq x$ , et donc  $z \leq y$  par transitivité, donc  $y \in c(B)$ .

Supposons maintenant que  $c$  vérifie  $\alpha$  et  $\beta$ . L'unicité de  $>$  provient de ce que  $>$  doit vérifier  $x > y$  si et seulement si  $c(\{x, y\}) = \{x\}$ . La réflexivité de  $>$  est triviale. Pour la transitivité de  $\geq$  supposons  $x \geq y \geq z$ . Si  $y \in c(\{x, y, z\})$  alors  $z \in c(\{x, y, z\})$  ( $\beta$ ). Sinon, on ne peut avoir  $c(\{x, y, z\}) = \{x\}$  (car alors on aurait  $c(\{x, y, z\}) = \{x\}$ ). Donc  $z \in c(\{x, y, z\}) = \{x\}$ . On a donc aussi  $z \in c(\{x, z\})$  ( $\alpha$ ), et  $x \geq z$ . La relation  $>$  est donc rationnelle. Il reste à montrer que  $c = c(\cdot, >)$ , c'est à dire que  $x \in c(A)$  si et seulement si pour tout  $y \in A, x \in c(\{x, y\})$ . Pour la partie "seulement si",  $\forall y, x \in c(\{x, y\})$ , par l'axiome  $\alpha$ . Pour la partie "si", soit  $z \in c(A)$ , alors  $z \in c(\{x, z\})$  ( $\alpha$ ), donc  $c(\{x, z\}) = \{x, z\}$ , et ( $\beta$ ) implique  $x \in c(A)$ .

Il suffit d'observer les choix faits par les agents ( $c$ ) pour en déduire leurs préférences ( $>$ ). Pour cette raison, la conjonction des axiomes  $(\alpha)$  et  $(\beta)$  est aussi appelée *axiome des préférences révélées*.

## 3. Représentation ordinale

Soit  $u$  une fonction sur  $X$ . On interprète  $u(x)$  comme une utilité, ou plaisir, que l'agent peut retirer de l'alternative  $x$ . On appelle donc  $u$  *fonction d'utilité*. Si  $u$  est la fonction d'utilité de l'agent, quelles doivent être ses préférences ? Simplement, définissons  $>_u$  par

$x >_u y$  si et seulement si  $u(x) > u(y)$

Il est aisé de vérifier que  $>_u$  est bien une relation de préférences rationnelle. La proposition suivante nous dit aussi que toute relation de préférences résulte d'une fonction d'utilité ( $X$  est fini).

Proposition 8. *Supposons que  $X$  est fini, et soit  $>$  une relation binaire sur  $X$ . Il existe une fonction d'utilité  $u$  telle que  $>_u = >$  si et seulement si  $>$  est rationnelle.*

Preuve : par induction sur le cardinal de  $X$ .

La proposition 8 s'étend au cas  $X$  dénombrable.

Proposition 9. *Supposons  $X$  dénombrable, et soit  $>$  une relation binaire sur  $X$ . Il existe une fonction d'utilité  $u$  telle que  $>_u = >$  si et seulement si  $>$  est rationnelle.*

Nous pouvons nous poser la question de l'unicité de la représentation d'une relation de préférences par une fonction d'utilité. Il est évident que la composition de  $u$  par une fonction strictement croissante ne change par  $>_u$ . La proposition suivante nous donne une réciproque :





Proposition 10. Soient  $u$  et  $u^0$  deux fonctions d'utilité sur  $X$  (fini). Alors  $\succ_u = \succ_{u^0}$  si et seulement si il existe une fonction  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  telle que :

-  $f$  est strictement croissante

$$-u^0 = f \circ u$$

On commence par définir  $f$  sur  $\{u(x), x \in X\}$ . Puis on l'étend à  $\mathbb{R}$ .

#### 4. Préférences sur choix incertains

Introduction. Expliquer la différence entre choix incertains dont on peut évaluer les probabilités de manière objective ou non.

##### 4.1. Préférences sur les probabilités objectives

Soit  $Z$  un ensemble fini, appelé ensemble de prix. Soit  $P = \Delta(Z)$  l'ensemble des lois de probabilités sur  $Z$ , appelé ensemble des loteries. Nous étudions maintenant des relations de préférences sur  $P$ .  $P$  est donc l'ensemble de choix.

Il est remarquable que  $P$  a une structure particulière, appelée structure de simplexe. Nommément :

-  $P$  est convexe. Pour deux éléments  $p$  et  $q$  de  $P$ , et  $\lambda \in [0, 1]$ ,  $\lambda p + (1 - \lambda)q \in P$ , où  $(\lambda p + (1 - \lambda)q)(x)$  vaut par définition  $\lambda p(x) + (1 - \lambda)q(x)$ .

- On peut identifier chaque  $z \in Z$  à l'élément de  $P$  qui donne une probabilité de 1 à  $z$ , et 0 aux autres.

On définit maintenant des axiomes sur la relation de préférences  $>$  de  $P$  qui utilisent la structure particulière de  $P$ .

**Rationalité**  $>$  est une relation de préférences rationnelle.

**Indépendance** Pour  $p, q, r \in P$ , et  $0 < \lambda \leq 1$ ,  $p > q$  implique  $\lambda p + (1 - \lambda)r > \lambda q + (1 - \lambda)r$

**Continuité** Pour  $q \in P$ , les ensembles  $\{p, p > q\}$  et  $\{p, q > p\}$  sont ouverts

L'axiome de continuité se comprend lorsqu'on se rappelle que  $>$  représente une relation de préférences stricte. Si  $p > q$ , alors si on modifie de manière extrêmement mince  $p$  en  $p'$  et  $q$  en  $q'$  on aura  $p' > q'$ .

##### 4.2. Utilité espérée

Supposons que l'agent associe une valeur, ou utilité  $u(z)$  à chacun des prix  $z \in Z$ . La fonction  $u$  définit une fonction  $\tilde{u}$  de  $P$  vers  $\mathbb{R}$  donnée par :

$$\tilde{u}(p) = \sum_z p(z)u(z)$$

Soit  $\succ_u$  la relation de préférences sur  $Z$  associée à  $\tilde{u}$ .



Remarquons que nous n'avons aucune raison de supposer à priori que les préférences de l'agent soient de la forme  $\succ_u$ , pour un  $u$  donné, ni encore qu'il existe  $u$  telle que  $\succ = \succ_u$ . Il peut d'ailleurs sembler à première vue que cette forme de préférences est restrictive et très particulière. Cependant, cette forme de préférences est très commode pour le modélisateur (nous), ou pour un agent cherchant à évaluer ses préférences entre des loteries, car la donnée d'utilités associées aux événements certains (les prix de  $Z$ ) a elle seule définit les préférences sur l'ensemble beaucoup plus complexe des loteries.

### 4.3. Théorème de Von-Neumann et Morgenstern

Le résultat de Von-Neumann et Morgenstern est l'équivalence entre une famille d'axiomes sur  $\succ$  et l'existence d'une représentation de la forme  $\succ_{\tilde{u}}$ .

Proposition 11. *Il existe une fonction  $u : Z \rightarrow \mathbb{R}$  telle que  $\succ = \succ_u$  si et seulement si  $\succ$  vérifie les axiomes de préférences, d'indépendance et de continuité.*

**Démonstration de la partie "si"** Il suffit de montrer que  $\succ_u$  vérifie les propriétés requises.

**Démonstration de la partie "seulement si"** Pour  $z \in Z$ , on note  $\delta_z$  l'élément de  $P$  qui met probabilité 1 sur  $Z$ . Si pour tous  $x, y \in Z$ ,  $\delta_x \sim \delta_y$ , alors pour tous  $p, p' \in P$ ,  $p \sim p'$  (indépendance), et toute fonction  $u$  constante convient. Dans le cas contraire, on sélectionne parmi l'ensemble  $\{\delta_z, z \in Z\}$  un élément minimal  $\delta_{x_0}$ , et un élément maximal  $\delta_{x_1}$  pour  $\succ$ . D'après l'axiome de continuité, pour chaque  $z$ , il existe un unique  $\lambda_z \in [0, 1]$  tel que  $z \sim \lambda_z \delta_{x_1} + (1 - \lambda_z) \delta_{x_0}$ . On pose alors  $u(z) = \lambda_z$ .

On a donc  $u(x_0) = 0$ ,  $u(x_1) = 1$ , et pour  $p \in P$   $\tilde{u}(p) = \sum_k p(z) \lambda(z)$ .

Soient  $p$  et  $p'$  dans  $P$ .

$$\begin{aligned} p \succ p' &\Leftrightarrow \sum_z p'(z) (\lambda_z \delta_{x_1} + (1 - \lambda_z) \delta_{x_0}) \succ \sum_z p(z) (\lambda_z \delta_{x_1} + (1 - \lambda_z) \delta_{x_0}) \\ &\Leftrightarrow \sum_z (p(z) \lambda(z)) \delta_{x_1} + (p(z) (1 - \lambda(z))) \delta_{x_0} \succ \sum_z (p'(z) \lambda(z)) \delta_{x_1} + (p'(z) (1 - \lambda(z))) \delta_{x_0} \\ &\Leftrightarrow \sum_z p(z) \lambda(z) \succ \sum_z p'(z) \lambda(z) \\ &\Leftrightarrow \tilde{u}(p) \succ \tilde{u}(p') \end{aligned}$$

Proposition 12. *Deux fonctions d'utilité  $\tilde{u}$  et  $\tilde{u}'$  sur  $P$  sont associées aux mêmes préférences si et seulement il existe  $a > 0$  et  $b$  tels que  $\tilde{u}' = a\tilde{u} + b$ .*

**Démonstration de la partie "si"** est évidente.

**Démonstration de la partie "seulement si"** Supposons que

$\succ_u = \succ_{u'}$ , et soient  $\delta_{x_0}$ ,  $\delta_{x_1}$  un élément minimal et un élément maximal.

$$\text{Pour tout } p \in P, \text{ écrivons : } u(p) = \frac{u(x_1) - \tilde{u}(p)}{u(x_1) - u(x_0)} u(x_0) + \frac{\tilde{u}(p) - u(x_0)}{u(x_1) - u(x_0)} u(x_1)$$

Donc.  $p \sim_{\tilde{u}} \frac{u(x_1) - \tilde{u}(p)}{u(x_1) - u(x_0)} \delta_{x_0} + \frac{\tilde{u}(p) - u(x_0)}{u(x_1) - u(x_0)} \delta_{x_1}$  Comme  $\sim_u = \sim_{u'}$ ,

$$\frac{u(x_1) - \tilde{u}(p)}{u(x_1) - u(x_0)} = \frac{u'(x_1) - \tilde{u}(p)}{u'(x_1) - u'(x_0)}$$



C à d.

$$\tilde{u}'(p) = \frac{u'(x_1) - u'(x_0)}{u(x_1) - u(x_0)} u(p) - \frac{u'(x_1) - u'(x_0)}{u(x_1) - u(x_0)} u(x_1) + u'(x_1)$$

Ce qui est bien la forme recherchée.

#### 4.4. Préférences et incertain subjectif

Dans une loterie, l'agent a un moyen objectif d'estimer la probabilité de chaque prix. En revanche, dans un événement comme une course de chevaux par exemple, il n'existe pas de moyen objectif de connaître la probabilité que tel ou tel cheval soit vainqueur. La théorie de Anscombe et Aumann nous donne des conditions sous lesquelles l'agent se comporte *comme si* il possédait une croyance sur les chevaux vainqueurs, et effectuait ses choix (ici des paris) en maximisant son utilité espérée étant donnée cette croyance. Ces probabilités sont dites probabilités subjectives.

##### 4.4.1. Paris sur des loteries

$S$  est un ensemble fini de possibilités incertaines (comme les chevaux gagnants dans le cas de la course).  $Z$  est un ensemble fini de prix, et  $P$  représente les probabilités sur  $Z$ . A chaque élément de  $S$ , faisons correspondre un prix aléatoire. Imaginons que pour chaque élément de  $S$ , une loterie puisse être tirée pour déterminer le prix dans  $Z$ . On définit alors une loterie composée comme un vecteur  $h = (h_s)_{s \in S}$  de  $P^S$ . L'ensemble de choix que nous considérons maintenant l'ensemble  $H = P^S$  des loteries composées.

Exemples de loteries composées :

–S'il pleut, mon cheval préféré Rossinante a 45% de chances de remporter la course, et seulement 20% de chances s'il ne pleut pas.

–Si l'économie est en croissance l'an prochain, j'ai une chance sur deux d'obtenir une promotion, et une chance sur trois sinon.

Remarquons que  $H$  a lui aussi une structure de simplexe. En particulier, si  $h, h' \in H$  et si  $\lambda \in [0, 1]$ ,  $h''$  défini par  $h''(z) = \lambda h_s(z) + (1 - \lambda) h'_s(z)$  appartient à  $H$ .

##### 4.4.2. Les axiomes

Supposons que l'agent a des préférences sur  $H$ , représentées par  $>$ . Comme dans le cas des probabilités objectives, soient les axiomes suivants sur  $>$ .

Axiome de préférences  $>$  est une relation de préférences (sur  $H$ ).

Axiome d'indépendance Pour  $h, h', h'' \in H$ , et  $0 < \lambda \leq 1$ ,  $h > h'$  implique  $\lambda h + (1 - \lambda) h'' > \lambda h' + (1 - \lambda) h''$

Axiome de continuité Pour  $h, h', h'' \in H$ , si  $h > h' > h''$  il existe  $0 < \lambda, \mu < 1$  tels que  $\lambda h + (1 - \lambda) h'' > h' > \mu h + (1 - \mu) h''$



## 4.4.3. Utilité dépendante de l'état

Comme pour le cas des fonctions d'utilité de Von-Neumann et Morgenstern [von,], nous pouvons caractériser les relations de binaires qui vérifient les axiomes de préférences, d'indépendance et de continuité.

Proposition 13. Une relation binaire  $>$  vérifie les axiomes de préférences, d'indépendance et de continuité si et seulement si il existe une famille  $u = (u_s)_{s \in S}$  d'applications  $u_s: Z \rightarrow \mathbb{R}$  telles que

$$h > h' \Leftrightarrow \sum_{s \in S} \sum_{z \in Z} h_s(z) u_s(z) > \sum_{s \in S} \sum_{z \in Z} h'_s(z) u_s(z)$$

La démonstration est la même que celle du théorème de Von-Neumann et Morgenstern. On peut alors poser  $\tilde{u}_s(z) = h_s(z) u_s(z)$ , utilité de Von-Neumann et Morgenstern dans l'état du monde  $s$ .

## 4.4.4. Utilité indépendante de l'état et probabilités subjectives

Nous allons introduire un axiome disant que les préférences ne dépendent pas de l'état du monde. Soit donc  $>_{u_s}$  la relation de préférences dans l'état  $s$ .

**Indépendance de l'état**  $>_{u_s}$  ne dépend pas de  $s$ .

Selon l'axiome d'indépendance de l'état, si  $p$  est préféré à  $p^0$  dans un état  $s$ , il est aussi préféré à  $p^0$  dans tous les états  $s$ .

Dans ce cas, fixons un état  $s_0$ , et posons  $\tilde{u} = u_{s_0}$ . On a pour tout état  $s$  l'existence de réels  $a_s > 0, b_s$  tels que ,  $\tilde{u}_s = a_s \tilde{u}_{s_0} + b_s$ . On peut donc écrire :

$$\sum_s \tilde{u}_s(h_s) = \sum_s a_s \tilde{u}_{s_0}(h_s) + \sum_s b_s$$

On a donc  $h > h^0$  si et seulement si :

$$\sum_s a_s \tilde{u}_{s_0}(h_s) > \sum_s a_s \tilde{u}_{s_0}(h'_s)$$

Posons alors  $\pi(s) = \frac{a_s}{\sum_s a_s}$ . Tous les  $\pi(s)$  sont positifs, et leur somme vaut 1. On peut donc interpréter  $\pi = (\pi(s))_s$  comme une probabilité sur  $S$ . On a alors  $h > h'$  si et seulement si :

$$\sum_s \pi(s) \tilde{u}_{s_0}(h_s) > \sum_s \pi(s) \tilde{u}_{s_0}(h'_s)$$

Tout se passe donc comme si les préférences de l'agent étaient représentées par les préférences  $\tilde{u}$ , et par une probabilité  $\pi$  sur  $S$ . Il est naturel d'interpréter  $\pi$  comme les *croyances* de l'agent sur  $S$ . Ces croyances ne sont pas une donnée objective, on parle de croyances *subjectives* de l'agent.

Dans la théorie de décision, on regroupe les divers facteurs superflus inconnus dans un certain nombre de cas, appelés « les états de nature »



## 5. Etat de la nature

L'effet d'une décision dépend :

de notre choix d'une alternative et comment nous l'exécutons de facteurs en dehors du contrôle du décideur (exogènes). Certains de ces facteurs exogènes sont connus : ils constituent l'information dont le décideur dispose.

D'autres sont inconnus : ils dépendent de ce que d'autres personnes feront et sur les éléments de la nature qui sont inconnus au décideur.

*Exemple : considérons la décision d'aller ou de ne pas aller à un concert en plein air.*

*Les résultats (que je dois satisfaire ou pas) dépendront des facteurs naturels (le temps) et du comportement d'autres êtres humains*

Dans la théorie de décision, on regroupe les divers facteurs superflus inconnus dans un certain nombre de cas, appelés « les états de nature »

### 5.1 Etat de la nature et résultat

Etat de nature :

*Exemple :*

Considérons la décision de porter ou de ne pas apporter un parapluie quand je sors demain : L'effet de cette décision dépend de s'il pleuvra demain

Les 2 cas « il pleut » et « il ne pleut pas » peuvent être pris comme « états de nature » dans un traitement de cette décision dans la théorie de décision.

*Résultats :*

Les « résultats possibles » d'une décision sont définis comme effets combinés d'une alternative choisie et de l'état de la nature :

Par conséquent, si je ne prends pas mon parapluie et il pleut, alors le résultat est que j'ai une valise légère et je suis mouillé.

Si je prends mon parapluie et il pleut, alors les résultats sont que j'ai une valise plus lourde et je ne suis pas mouillé,

### 5.2 Matrice de décision

C'est le format standard pour la routine d'évaluation-choix dans la théorie de la décision (individuelle)

**Dans une matrice de décision :**

- les alternatives sont tabulées contre les états possibles de la nature



- les alternatives sont représentées par les lignes de la matrice
- les états de nature par les colonnes

Soit une décision d'apporter ou non un parapluie :

	<b>Il pleut</b>	<b>Il ne pleut pas</b>
<b>parapluie</b>	Vêtements secs, valise lourde	Vêtements secs, valise lourde
<b>Pas de parapluie</b>	Vêtements trempés, valise légère	Vêtements trempés, valise légère

**Tableau 1.1.** *Matrice de décision*

Pour chaque alternative et état de nature, on assigne dans la matrice un résultat (tel que « vêtements secs, la valise lourde »).

Pour utiliser une matrice de décision, il faut en plus de :

- L'information sur la façon dont les résultats sont évalués
- L'information sur les états de nature qui seront réalisés.

### 5.3 Matrice de décision d'utilité

Pour représenter les valeurs des résultats, on leur assigne en général des utilités

Des descriptions verbales des résultats peuvent alors être remplacées par des **valeurs d'utilité** dans la matrice :

	<b>Il pleut</b>	<b>Il ne pleut pas</b>
<b>parapluie</b>	15	15
<b>Pas de parapluie</b>	0	18

**Tableau 1.2.** *Matrice de décision d'utilité*

La théorie de la décision concerne principalement des problèmes qui peuvent être exprimés en matrices de ce type, « matrices d'utilité »

La plupart des méthodes de la théorie de décision exigent une information numérique.

### 5.4 Arbre de décision [56]



Est une autre représentation traditionnelle de la décision

Soit la matrice de décision d'utilités suivante :

	Il pleut	Il ne pleut pas
Parapluie	15	15
Pas de parapluie	0	18

Tableau 1.2. Matrice de décision d'utilité

On peut lui associer l'arbre de décision suivant :

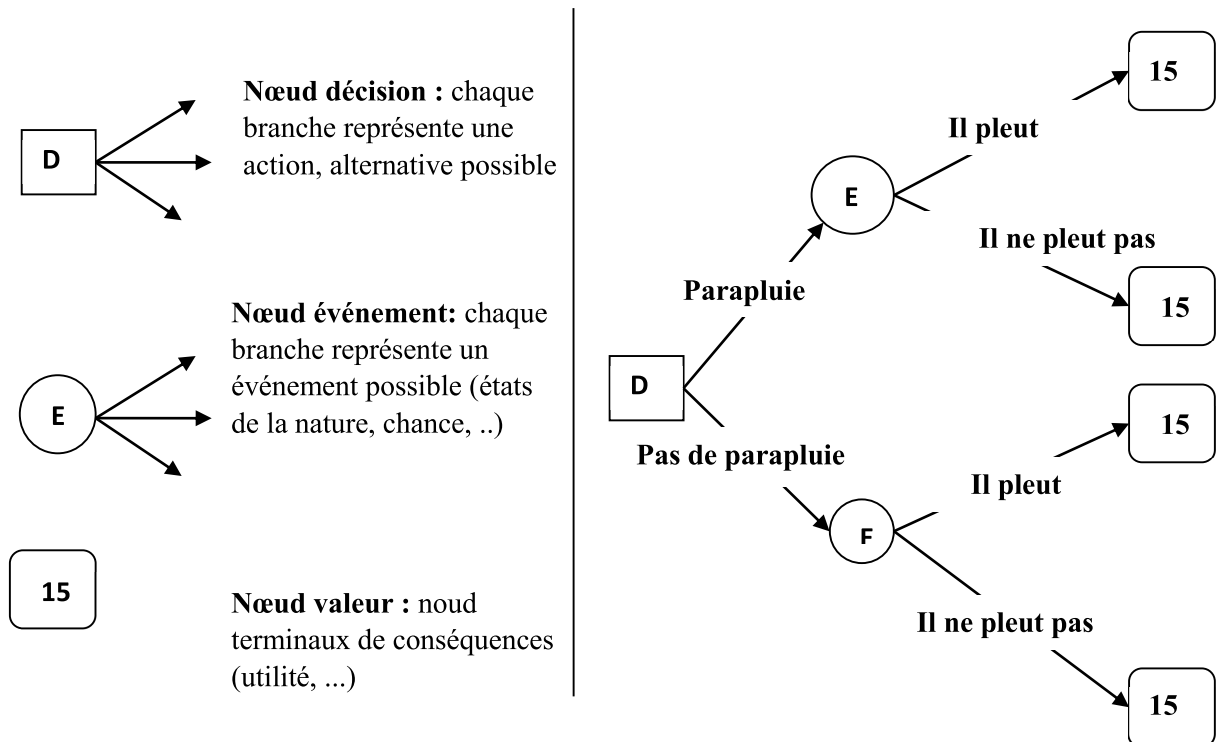


Figure 1.1. L'arbre de décision

Les probabilités pour la décision (3) Probabilité conditionnelle : la probabilité de « A sachant B », notée P(A/B) est définie par :

$$P(A/B) = P(A \cap B) / P(B) \quad (1)$$

De tout cela on tire facilement la formule des probabilités totales (ou formule d'expansion) :

Si  $A_1, A_2, \dots, A_n$  forment une partition de S alors :

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P\left(\frac{A}{A_i}\right) P(A_i)$$

(Partition d'un ensemble = ensemble d'ensembles non vides et disjoints dont la réunion redonne l'ensemble de départ)

Il découle de (1):

$$P(A \cap B) = P(A/B)P(B) = P(B \cap A) = P(B/A).P(A)$$



D'où la formule bien connue du théorème de Bayes:

$$P\left(\frac{A}{B}\right) = \frac{P\left(\frac{A}{B}\right)P(A)}{P(B)}$$

## 6. Caractéristiques des décisions en analyse de la décision

Plusieurs caractéristiques peuvent être définies pour les décisions :

- Caractère plus ou moins sûr des états futurs de la nature :

*Etat certain*

*Etat incertain mesurable* (probabilité objective ou subjective déterminées) : on parle de décision dans le risque

*Etat incertain non mesurable* ou radicale (pas de probabilités définies) : on parle de décision dans l'incertain

- Caractère unique ou répété de la décision : dans les décisions répétées l'information sur l'état de la nature augmente, souvent par apprentissage et les probabilités des états sont en général révisées selon des approches bayésiennes
- *Caractère séquentiel ou non de la décision* : dans les décisions séquentielles le décideur intervient à différentes étapes, interaction entre décisions, information croissante
- *Caractère exogène et endogène de la décision* : quand l'environnement est endogène, le décideur peut modifier les états, il ne le peut pas quand il est exogène
- *Caractère partagé ou non de la décision* : *décision collective* (fonction d'utilité commune agréant)

### 6.1 Les préférences individuelles des individus

*Caractère conflictuel ou non de la décision* : jeux contre la nature (pas de conflit) et jeux véritables entre joueurs différents (théorie des jeux)

En présence d'**incertitude non mesurable**, le décideur ne peut plus pondérer l'importance respective de chaque état par une probabilité, car il ne la connaît pas

Aussi, plusieurs critères pour la décision individuelle ont été proposés :

Critères de **Laplace**, **Bernouilli**, **Wald**, **Hurwicz**, **Savage**, ...

Nous ferons une comparaison de ces critères

## 7. Analyse de décision dans l'incertitude [56]





En présence d'incertitude non mesurable, le décideur ne peut plus pondérer l'importance respective de chaque état par une probabilité, car il ne la connaît pas. Aussi, plusieurs critères pour la décision individuelle ont été proposés : Critères de Laplace, Bernouilli, Wald, Hurwicz, Savage, ... Ces critères vont être appliqués dans l'exemple présenté par la suite.

Dans la partie qui suit nous nous intéressons à la résolution d'un exemple d'investissement à l'aide d'analyse de décision dans l'incertitude. Cet exemple nous montre l'utilité d'un outil d'aide à la décision et son importance dans la prise de décision, car grâce à ces critères on pourra par la suite choisir l'investissement le plus rentable.

Les choix d'investissements sont les suivants :

- Une résidence
- Un immeuble
- Un appartement
- Aucun des trois

Cela va dépendre de l'état du marché immobilier : fort / moyen / faible. L'estimation des profits de chacun de ces investissements selon l'état du marché est :

	<b>Marché Fort</b>	<b>Marché Moyen</b>	<b>Marché Faible</b>
<b>Résidence</b>	550	110	-310
<b>Immeuble</b>	300	129	-100
<b>Appartement</b>	200	100	-32
<b>Aucun</b>	0	0	0

**Tableau 1.3.** *L'état du marché*



*1er de MaxiMax* : C'est le critère du décideur optimiste, on « redescend » l'utilité maximale de chaque « valeur » et on choisit la décision qui à la plus grande utilité maximale.

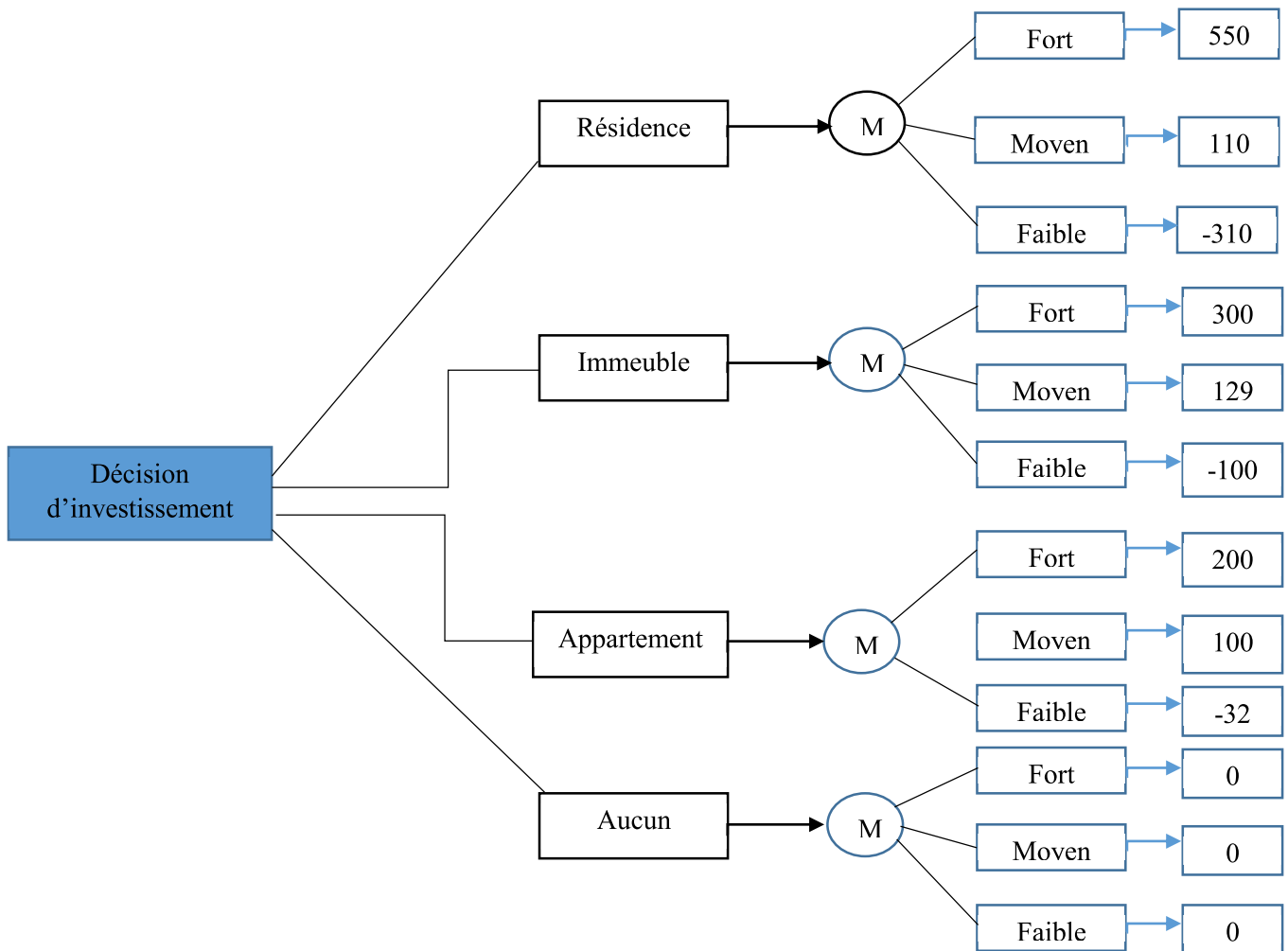


Figure 1.2 : Arbre de décision de l'état du marché

Résultat du critère **MaxiMax** est : résidence 1 ; immeuble 2 ; appartement 3 ; aucun 4

*Critère de Wald ou MaxiMin* : C'est le critère du décideur pessimiste : décider comme si la nature était animée des pires intentions ... On « redescend » l'utilité minimale de chaque « valeur », en choisissons la décision qui à la plus grande utilité minimale (la "moins pire").



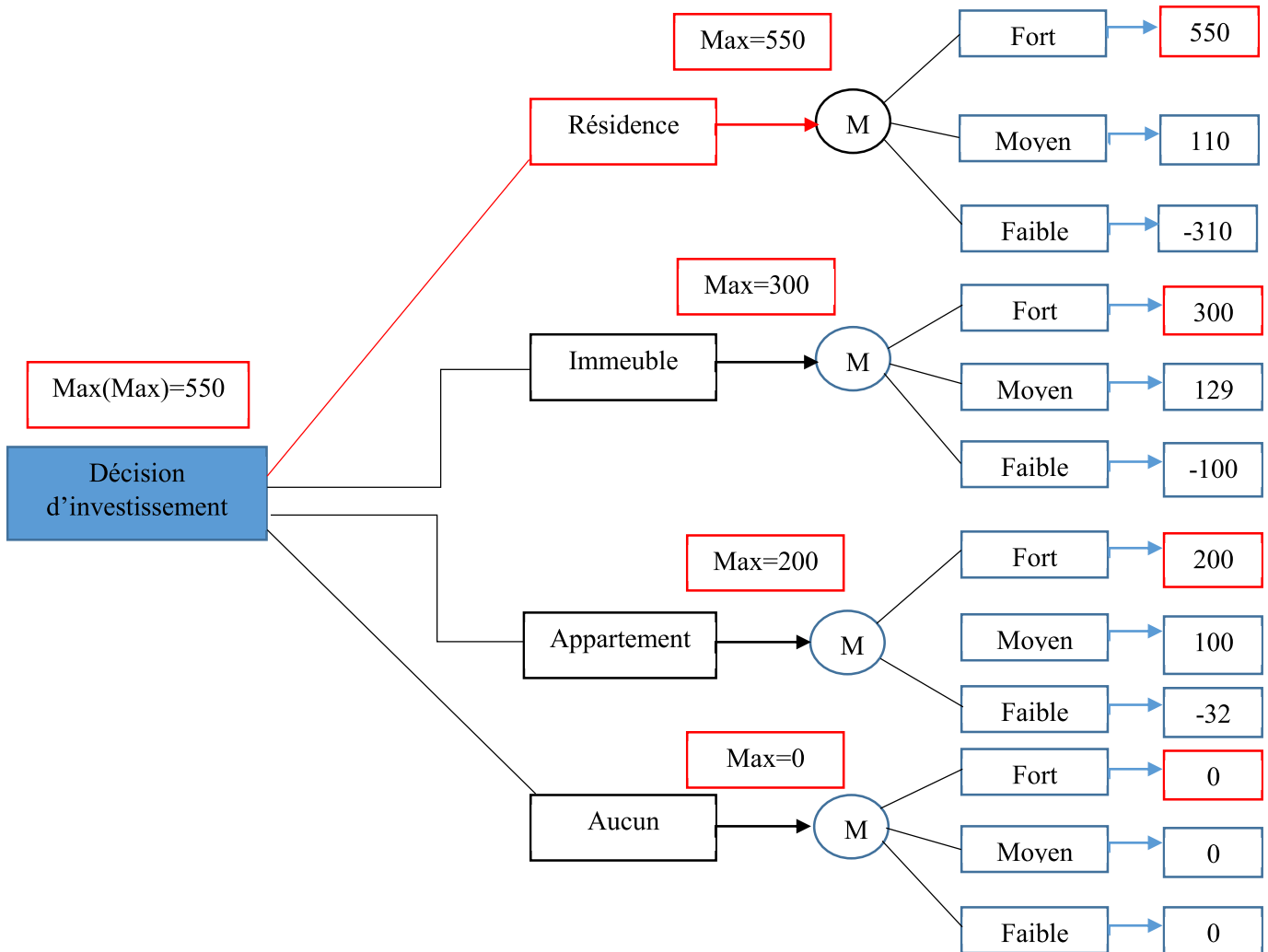


Figure 1.3 : Arbre de décision du critère MaxiMax de l'état du marché

Résultat du critère Walder MaxiMin est : aucun 1 ; appartement 2 ; immeuble 3 ; résidence 4.

Critère de Savage ou « regret MiniMax » : Regrettons le moins possible dans le pire des cas, on calcul la matrice des regrets (ou manque à gagner) à partir de la table des résultats ainsi :  

$$b_{ij} = \text{Max } a_{kj} - a_{ij}, \forall i \text{ et } j$$



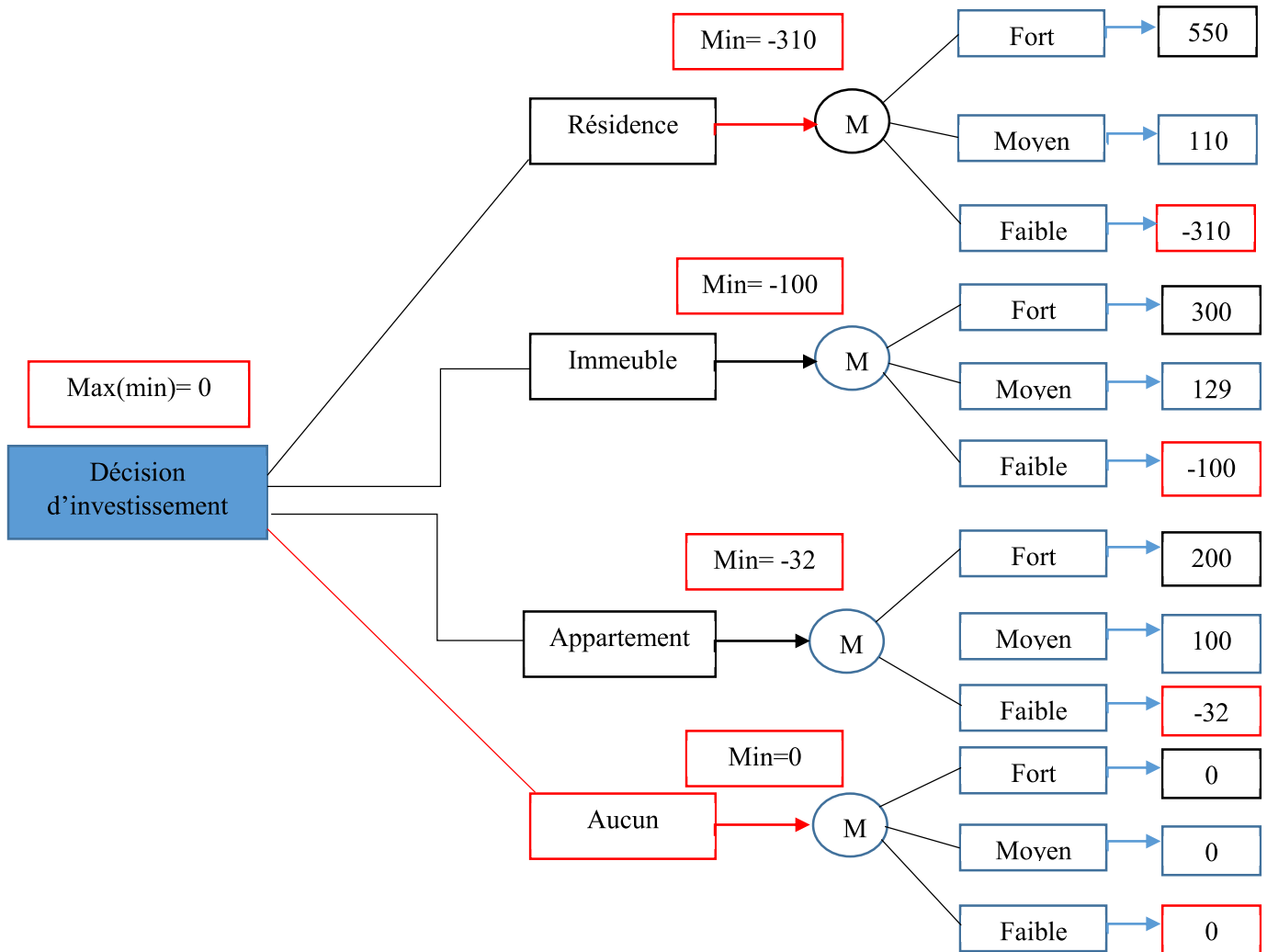


Figure 1.4 : Arbre de décision du critère Wald ou MaxiMin.

	Marché Fort	Marché Moyen	Marché Faible
Résidence	550	110	-310
Immeuble	300	129	-100
Appartement	200	100	-32
Aucun	0	0	0

Tableau 1.4. Matrice des résultats



	Marché Fort	Marché Moyen	Marché Faible
Résidence	550-550=0	129-110=19	0-(-310)=310
Immeuble	550-300=250	129-129=0	0-(-100)=100
Appartement	550-200=350	129-100=29	0-(-32)=32
Aucun	550-0=550	129-0=129	0-0=0

Tableau 1.5 Matrice des regrets.

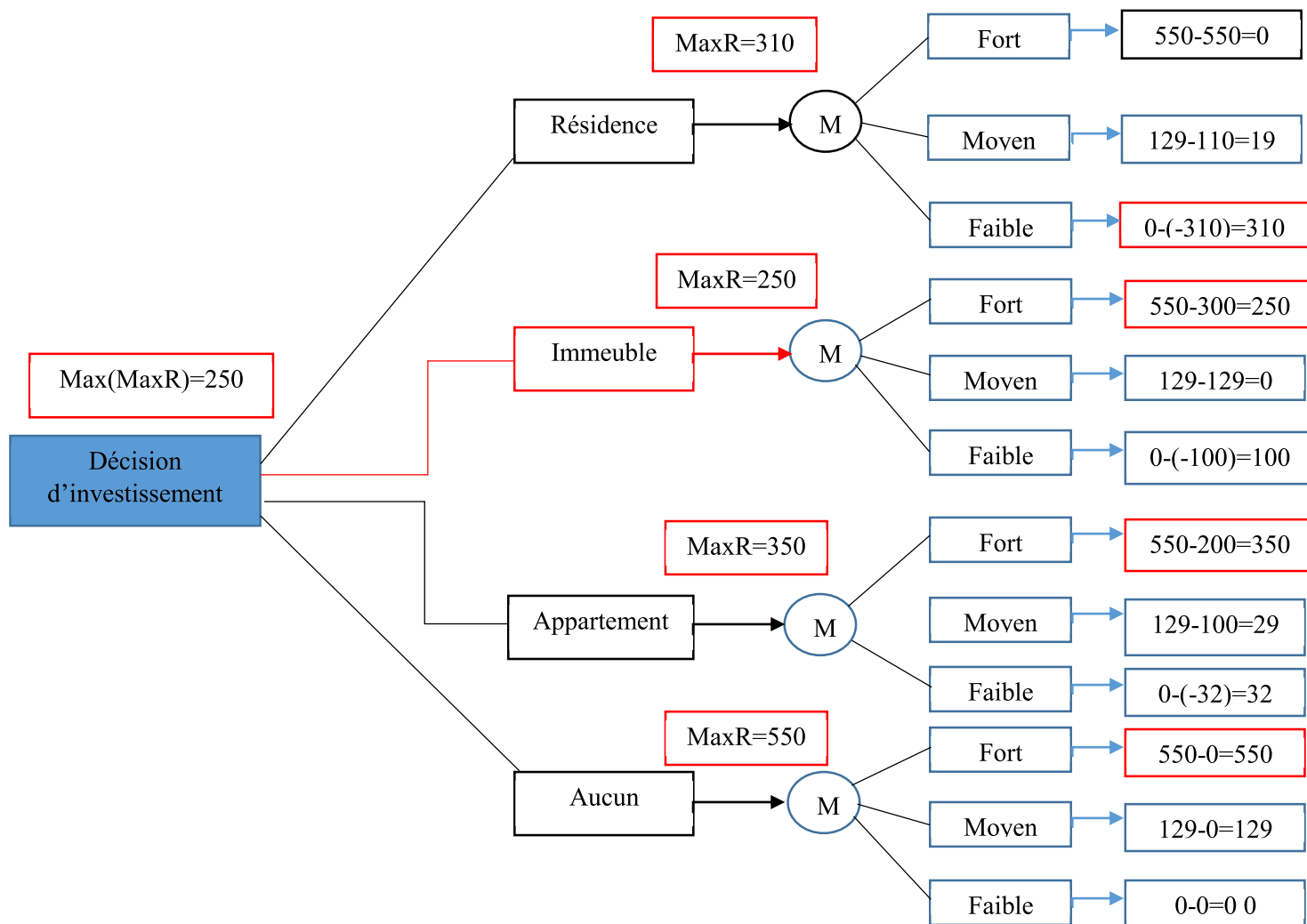


Figure 1.5: Arbre de décision du critère de Savage.

Résultat du critère Savage est : immeuble 1 ; résidence 2 ; appartement 3 ; aucun 4.

Critère de Laplace : Le critère de Laplace est fondé sur l'hypothèse d'équiprobabilité des  $n$  événements (états) possibles de la nature soit  $1/n$  pour chaque état, le critère de Laplace se calcule ainsi :

$$l(d_{ij}) = 1/n \sum_{n=1}^n a_{ij}, \forall i$$



On calcule pour chaque décision le critère  $L$  (la moyenne des valeurs) et on choisit la décision qui donne la plus grande valeur de  $L$  :

	Marché Fort	Marché Moyen	Marché Faible	L
Résidence	550	110	-310	117
Immeuble	300	129	-100	110
Appartement	200	100	-32	89
Aucun	0	0	0	0

Tableau 1.6 Résultat des calculs du critère Laplace.

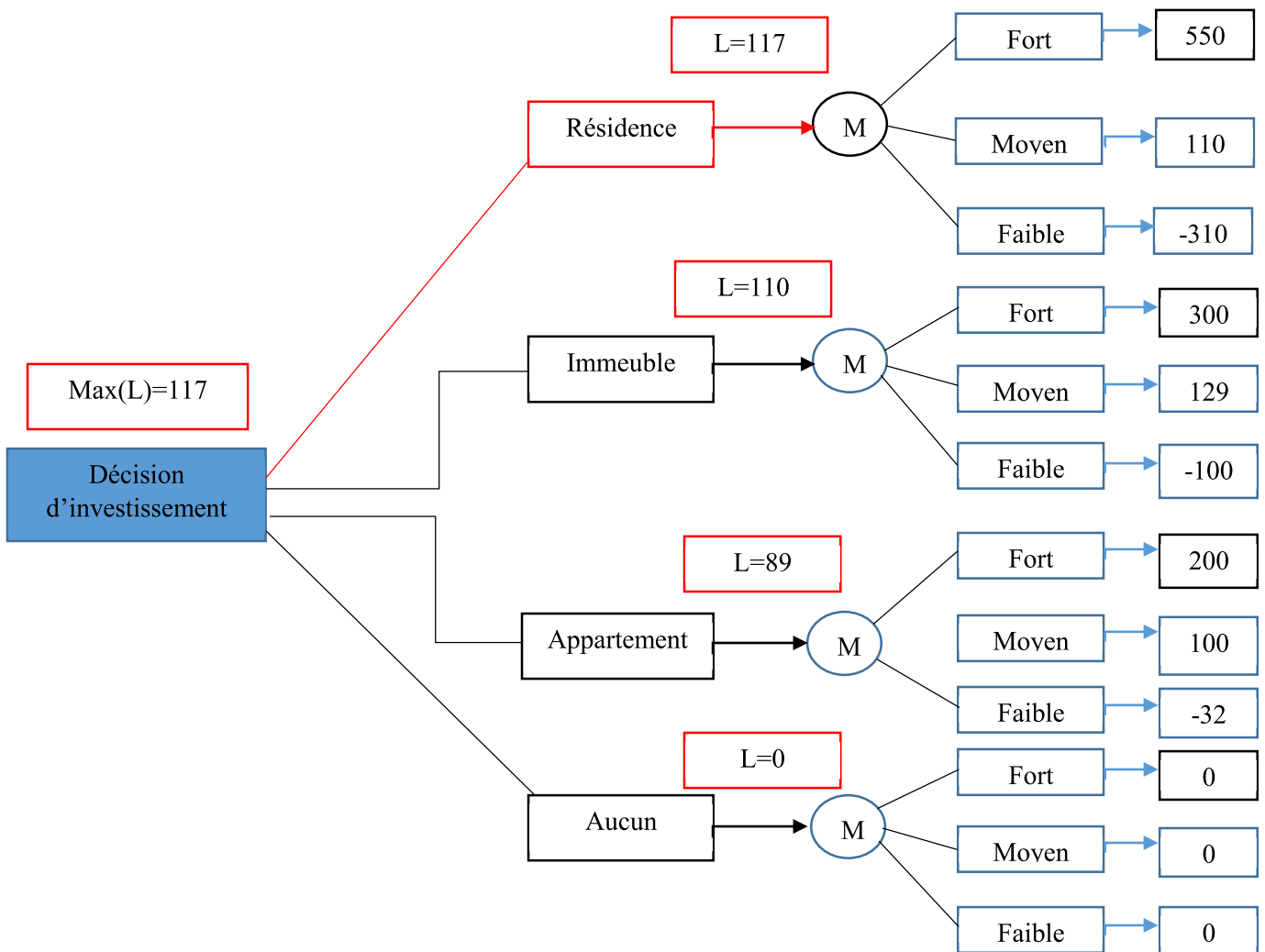


Figure 1.6: Arbre de décision du critère de Laplace.

Résultat du critère **Laplace** est : résidence 1 ; immeuble 2 ; appartement 3 ; aucun 4.



*Critère d'Hurwicz* : Le critère d'Hurwicz définit un degré de pessimisme ( $\alpha$ ) et un degré d'optimisme ( $1 - \alpha$ ), il prend à la fois le meilleur et le pire résultat de chaque stratégie et les pondère dans une combinaison linéaire par cet index  $\alpha$  et  $(1 - \alpha)$

$$H(d_i) = \alpha \text{Min } a_{ij} + (1 - \alpha) \text{Max } a_{ij}, \forall i$$

On calcule pour chaque décision le critère H et on choisit la décision qui donne la plus grande valeur de H.

Avec  $\alpha = 0,5$  on a :

	Marché Fort	Marché Moyen	Marché Faible	H
Résidence	550	110	-310	120
Immeuble	300	129	-100	100
Appartement	200	100	-32	82
Aucun	0	0	0	0

**Tableau 1.7** Résultat des calculs du critère d'Hurwicz.



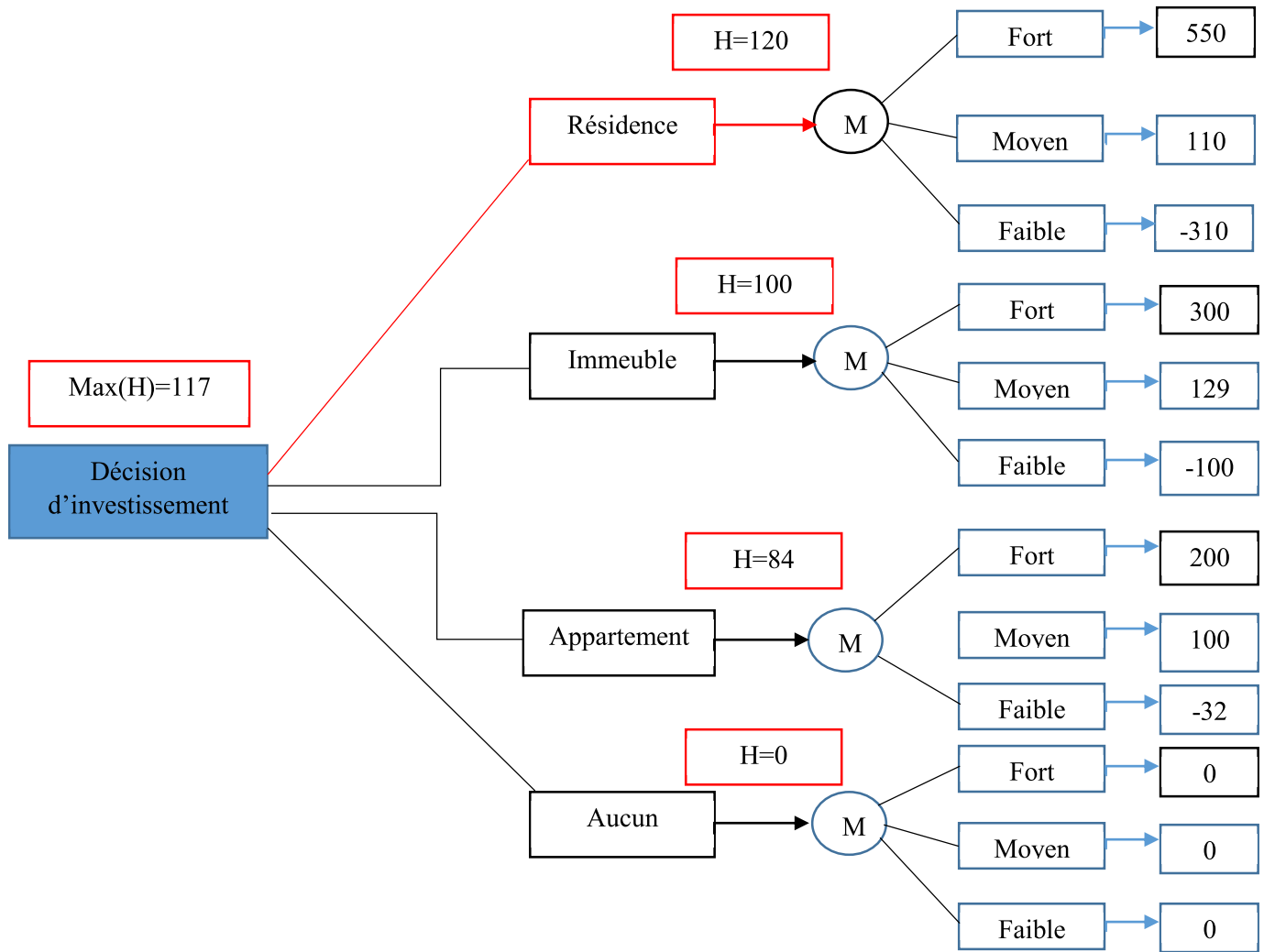


Figure 1.7: Arbre de décision du critère d'Hurwicz..

Résultat du critère d'Hurwicz est : résidence 1 ; immeuble 2 ; appartement 3 ; aucun 4.

*Critère de Bernouilli* : Le critère de Bernouilli, comme le critère L, est aussi basé sur l'hypothèse d'équiprobabilité des n états de la nature, mais il utilise l'utilité des gains définie par leur logarithme :

$$B(d_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ln a_{ij} , \forall i$$

On calcule pour chaque décision le critère B et on choisit la décision qui donne la plus grande valeur de B.





	Marché Fort	Marché Moyen	Marché Faible	B
Résidence	$\text{Ln}(550)=6.31$	$\text{Ln}(110)=4.70$	$-\text{Ln}(310)=-5.74$	$5.27/3=1.61$
Immeuble	$\text{Ln}(300)=5.70$	$\text{Ln}(129)=4.86$	$-\text{Ln}(100)=-4.70$	$5.95/3=1.98$
Appartement	$\text{Ln}(200)=5.3$	$\text{Ln}(100)=4.70$	$-\text{Ln}(32)=-3.47$	$6.44/3=2.14$
Aucun	-	-	-	-

**Tableau 1.8** Résultat des calculs du critère de Bernoulli.

Résultat du critère de **Bernoulli** est : appartement 1 ; immeuble 2 ; résidence 3 ; aucun 4.

*Comparaison des critères pour traiter l'incertitude* : Pour déterminer la décision optimale on construit un tableau dans lequel les décisions sont classées de chaque critère en calculant leur rang respectif :

	MaxiMax	Wald	Savage	Laplace	Hurwicz	Bernoulli	Somme des rangs
Résidence	1	4	2	1	1	3	12
Immeuble	2	3	1	2	2	2	12
Appartement	3	2	3	3	3	1	15
Aucun	4	1	4	4	4	4	21

**Tableau 1.9:** Comparaison des critères.

## 8. Décision dans le risque

### Problématique décisionnelle dans le risque

Comment choisir, dans l'ensemble des stratégies la plus avantageuse, sur la base de l'information disponible (S, C, U) ?

- Plusieurs critères sont possibles : [57]

Critère de Pascal (critère de l'Espérance Mathématique ou Espérance Mathématique de Gain - EMG) : Adapté à des risques peu élevés

- Lorsque le risque est plus élevé, l'aversion pour le risque doit être considérée et l'on a recours à d'autres critères (Critères de Markowitz, de Bernoulli, ...)

Dans la décision face au risque, on considère que les probabilités de chaque état  $s_j \in S$ , ou  $S$  est l'ensemble des états de la nature, sont connues :

$$p(s_j) = p_j, \forall j$$

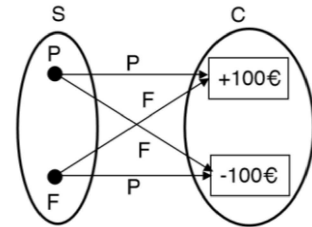


Si le décideur  $d_i \in D$  et que  $s_j \in S$  se réalise, il en résulte que la conséquence  $ck \in C$ , où  $C$  est l'ensemble des conséquences sur lequel est définie une fonction d'utilité  $U(ck)$ .  $\Rightarrow$  Une décision est alors une application de  $S$  dans  $C$ . On peut considérer que l'utilité  $U$  correspond aux résultats monétaires de la décision :

**Exemple :** jeu de pile ou face (100 € d'enjeu)

matrice des résultats :

	S	Pile (P)	Face (F)
D			
Choix Pile		U(+100)	U(-100)
Choix face		U(-100)	U(+100)



**Tableau 1.10** Exemple de jeu de pile ou face (100 € d'enjeu)

8.1. Critère de Pascal : Maximum de l'espérance Mathématique

Soit un ensemble  $D$  à 2 décisions  $D = \{d_1, d_2\}$  avec la matrice des résultats

	S	s1 (p1)	s2 (p2)	...	sj (pj)	...	sJ (pJ)
D							
d1		a11	a12	...	a1j	...	a1J
d2		a21	a22	...	a2j	...	a2J

**Tableau 1.11** : matrice des résultats

L'espérance mathématique se calcule ainsi :

$$E[di] = \sum_{j=1}^j Pjaij$$

Le choix de la meilleure décision correspond à la maximisation de l'espérance mathématique de chaque décision, soit :  $Max \sum_{j=1}^j Pjaij$



## Exemple

<i>Etats de S</i> Décisions de D	Pile (P) ( $p_1=0,5$ )	Face (F) ( $p_2=0,5$ )	E[di]
Choix Pile (d1)	+100	-100	<b>0</b>
Choix Face (d2)	-100	+100	<b>0</b>

Tableau 1.12 : Critère de Pascal : jeu de pile ou face (100 € d'enjeu)

Avec la matrice de décision (matrice des gains)

<i>Etats de S</i> Décisions de D	Basse (s1)	Moyenne (s2)	Forte (s3)
Faible (d1)	100	100	100
Moyenne (d2)	60	150	150
Elevée (d3)	10	120	200

Tableau 1.13 : matrice de décision (matrice des gains) suivantes (€en K")

Etats de S Décisions de D	Basse (s1) $p_1=0,2$	Moyenne (s2) $p_2=0,5$	Forte (s3) $p_3=0,3$	E[di]
Faible (d1)	100	100	100	<b>100</b>
Moyenne (d2)	60	150	150	<b>132</b>
Elevée (d3)	<b>10</b>	120	200	<b>122</b>

Tableau 1.14 : les probabilités de chaque état sj

Voici la matrice des résultats



Etats de S Décisions de D	Basse (s1) $p_1=0,2$	Moyenne (s2) $p_2=0,5$	Forte (s3) $p_3=0,3$	E[di]
Faible (d1)	100	100	100	100
Moyenne (d2)	60	150	150	132
Elevée (d3)	10	120	200	122

Tableau 1.15 : Matrice des résultats

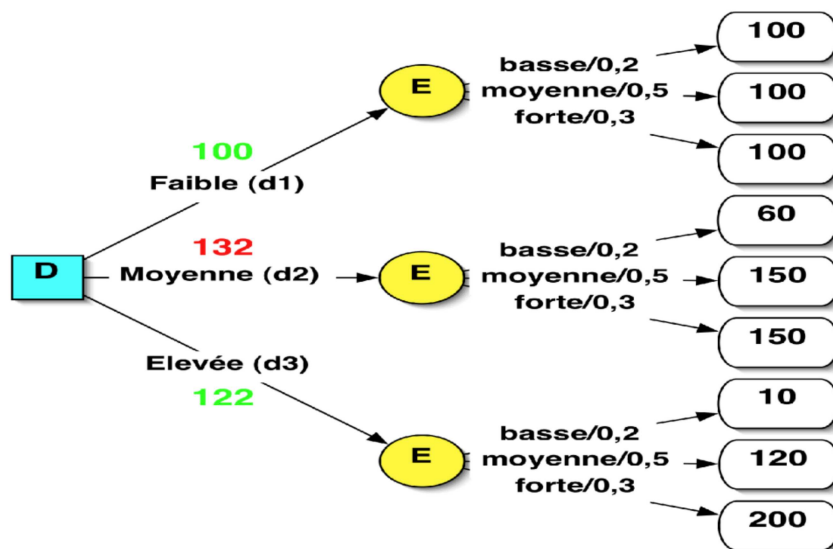


Figure 1.8 : Arbre associé

### 9. Conclusion

La théorie de la décision s’inscrit dans la perspective de la théorie économique qui met en jeu des agents, consommateurs et producteurs, et en formalise le comportement comme consistant à maximiser des « fonctions d’utilité » ou « fonctions de satisfaction »

Dans des domaines plus spécialisés de l’économie : marchés financiers, contrats d’assurance et, plus généralement, ceux traitant de l’analyse des risques, la théorie de la décision a permis de proposer des solutions normatives, en s’appuyant notamment sur le critère de l’utilité espérée.

Dans les applications, ces théories requièrent le traitement de données, ce qui relève de la statistique. Mais ce traitement nécessite aussi des prises de décisions et l’inférence statistique se réfère aussi à la théorie de la décision.



## 10. Exercices

**Exercice 1.** Soit l'axiome suivant, appelé Axiome de Houthakker, portant sur une fonction de choix  $c$ . Si  $x, y \in A \cap B$ , et si  $x \in c(A)$  et  $y \in c(B)$ , alors  $x \in c(B)$ .

Montrer que l'axiome de Houthakker est équivalent à la conjonction des axiomes  $\alpha$  et  $\beta$  de Sen.

**Exercice 2.** Montrer la proposition 4

**Exercice 3.** Une relation de préférences non représentable par une fonction d'utilité. Sur  $X = [0, 1] \times [0, 1]$ , on définit la relation de préférences entre  $x = (x_1, x_2)$  et  $y = (y_1, y_2)$  par  $x \succ y$  si et seulement si  $x_1 > y_1$ , ou  $(x_1 = y_1 \text{ et } x_2 > y_2)$ . C'est donc l'ordre lexicographique sur  $X$ .

(1) Montrer que  $\succ$  est rationnelle.

(2) Montrer que  $\succ$  n'est représentable par aucune fonction d'utilité. C'est à dire, montrer qu'il n'existe pas d'application  $u$  de  $X$  vers  $\mathbb{R}$  telle que  $x \succ y$  si et seulement si  $u(x) > u(y)$ .

**Exercice 4.** Montrer la proposition 4.

**Exercice 5.** On a deux actifs financiers. Le premier paye 100 dollars dans l'état du monde 1 (reprise de l'économie américaine), et 50 dollars dans l'état du monde 2 (pas de reprise de l'économie américaine). Le deuxième paye 120 dollars dans l'état du monde 1 et 20 dans l'état du monde 2. Sur les marchés, le prix du premier actif financier est de 56 euros, celui du second de 70 euros. Dans le "Financial Times" vous lisez le commentaire suivant, "d'après le marché, l'état du monde 1 et l'état du monde 2 ont les mêmes chances de se réaliser."

1) Ce commentaire est-il en rapport avec les prix que vous observez?

2) Selon vous, quelles sont les probabilités subjectives du marché sur l'état 1 et sur l'état 2?

**Exercice 6 : Paradoxe d'Allais.** On a comme ensemble d'alternatives  $X = \{2500000e, 500000e, 0e\}$ , où 2500000e correspond au fait de gagner cette somme, etc.... On a les loteries  $p_1 = (0, 1, 0)$ ,

$p'_1 = (0.1, 0.89, 0.01)$ ,  $p_2 = (0, 0.11, 0.89)$  et  $p'_2 = (0.1, 0, 0.9)$ . (Par exemple, avec  $p_2$ , la probabilité de gagner 2500000e est de 0.11.

(1) On suppose qu'un individu préfère  $p_1$  à  $p'_1$ , et  $p'_2$  à  $p_2$ . Est-ce consistant avec l'utilité espérée de Von-Neumann et Morgenstern?

### Exercice 7

Un ticket de loto coûte  $x$  euros. Il y a deux résultats possibles : soit on gagne 10 euros avec une probabilité de  $1/50$ ,

soit 1000000 euros avec une probabilité de  $1/2000000$ .

1. Quelle espérance de gain peut-on avoir avec un ticket de loto (hors prix d'achat) ?

2. Si l'on est maximisateur d'espérance de gain, à quelle condition est-il rationnel d'acheter un ticket de loto?

### Exercice 8

Pour lancer un produit, une entreprise a le choix entre trois médias : affichage, télévision ou presse. Les résultats de la campagne de lancement seront différents en fonction de l'état de la nature qui se réalisera ultérieurement et évidemment selon le média choisi. La concurrence sur le marché du produit en question sera soit faible, soit moyenne ou alors forte. L'entreprise ignore les probabilités associées à chaque niveau de concurrence mais peut cependant estimer les résultats associés à chacune de ces trois stratégies compte tenu de la concurrence et obtenir le tableau suivant :



Actions \ Etats	Concurrence faible (e1)	Concurrence moyenne (e2)	Concurrence forte (e3)
Affichage	12	-6	24
Télévision	36	12	48
Journaux	-3	60	30

- 1) Que vous préconisent les critères suivants : Le critère de LAPLACE ; Le critère de MAXMAX; Le critère de WALD ; Le critère de HURWICZ ( $\alpha=0.44$ ) et le critère de SAVAGE.
- 2) Donnez, parmi les stratégies optimales des critères précédents, la stratégie que doit choisir l'entreprise.

### Exercice 9

- 1) Quand est ce qu'une situation est dite risquée et quand est ce qu'elle est dite incertaine.
- 2) Les situations suivantes sont-elles risquées ou incertaines ?
  - a) Jouer aux dés.
  - b) Parier sur temps à 3 mois.
  - c) Inviter un(e) inconnu(e) au restaurant.

### Exercice 10

On considère 3 actions et 4 états de la nature avec des probabilités  $p_1, p_2, p_3, p_4$  :

Actions \ Etats	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$
$a_1$	300	15	335	95
$a_2$	100	25	40	120
$a_3$	40	-50	61	5
$P(e_i)$	$P_1=0.42$	$P_2$	$P_3=0.30$	$P_4=0.15$

1. Quel critère permet de choisir entre les 3 actions ? Justifiez votre réponse.
2. Utilisez ce critère pour classer toutes ces 3 actions.
3. On se place maintenant dans le cas non mesurable :

Que préconise le critère de WALD (critère de MAXMIN) et le critère de Bernouilli?

Parmi ces deux critères lequel est le meilleur ?



## Chapitre II

# **Aide à la Décision**

## 1. Introduction

L'être humain est souvent confronté à des problèmes pour lesquels une prise de décision est nécessaire. Cette dernière est souvent prise sur la base de nos intuitions ou encore selon nos expériences passées. Seulement, cette décision n'est pas toujours facile à prendre car il peut s'agir d'un problème complexe pour lequel la décision recherchée peut engendrer des conséquences relativement importantes. Par conséquent, une mauvaise décision peut coûter cher et parfois même être fatale. Par exemple, lorsqu'il s'agit de la gestion des risques technologiques ou naturels, il devient nécessaire de prendre en compte une quantité importante de données et de connaissances de différentes natures et qualités, et pour cela, les gestionnaires ont de plus en plus recours à l'informatique pour se doter d'outils puissants d'aide à la décision.

Ce qu'on entend par décision c'est faire un choix parmi plusieurs alternatives ou effectuer un rangement dans un ordre de priorité ou même effectuer une affectation à des catégories déjà définies, mais le plus important est :

- comment cette décision a été prise ? et
- quelles sont les variables de l'environnement qui ont influencé la prise de décision ?

Les modèles d'aide à la décision sont le point de départ obligé de l'étude des systèmes Informatiques d'aide à la décision. Ils définissent les fonctionnalités et les étapes à mettre en oeuvre et les relient aux objectifs du processus de décision lui-même. A ce titre, ce chapitre constitue une représentation générale de l'aide à la décision. Nous présentons d'abord les notions de décision, de processus décisionnel et de l'aide à la décision. Cet historique sur l'aide à la décision est important pour décrire ensuite les systèmes interactifs d'aide à la décision.

## 2. L'aide à la décision : concepts fondamentaux

### 2.1. Décision

Le terme décision a plusieurs définitions :

Selon le petit Larousse, La décision est définie comme étant « l'action du décideur après examen » ; et décider c'est « déterminer ce qu'il faut faire et choisir entre plusieurs alternatives ».

Une décision c'est le résultat d'un processus mental qui choisit une parmi plusieurs alternatives mutuellement exclusives [4].

Zarate [1] trouve que l'aide à la décision utilise des techniques et des méthodologies issues du domaine des mathématiques appliquées telles que l'optimisation, les statistiques, la théorie de la décision ainsi que des théories de domaines moins formels tels que l'analyse des organisations et les sciences cognitives .

Roy et Bouyssou [13] estiment que la décision est souvent présentée comme le fait d'un individu isolé (décideur) qui exerce librement un choix entre plusieurs possibilités d'actions à un moment donné dans le temps.





Aussi, Scharling [2] a défini la décision comme " un choix entre plusieurs alternatives " ou encore par le fait que « la décision concerne le processus de sélection de but ou d'alternatives ».

### 2.2 Les différents types de décisions :

Nous distinguons trois types de décision. Cela est illustré sur la Figure (2.1).



**Figure 2.1** Types de décisions

Les décisions stratégiques : visent les relations de l'entreprise avec son environnement concernant des activités engendrant des décisions dont les conséquences sont à long terme (ex. : décision de produire un nouveau type de produit) ;

Les décisions tactiques portent sur des activités conduisant à des décisions dont les conséquences sont à moyen terme (ex. : une décision prise par le directeur des ressources humaines pour organiser des formations pour les salariés) ;

Les décisions opérationnelles : concernent les décisions dont les conséquences sont à court terme (ex. : établissement des plannings de production) .

### 2.3 Niveau de structuration des décisions

Il est devenu classique de distinguer les "programmed decisions" et les "non-programmed decisions", traduit ici par "décisions bien structurées" et "décisions peu structurées". En fait il existe un continuum allant des moins structurées aux plus structurées. Une décision est bien structurée quand un processus connu et explicite



existe permettant de traiter les informations dans le système (74). Elle correspond à un programme immuable et fixe. Par exemple, de nombreux problèmes dans les organisations peuvent s'analyser en terme d'allocation de ressources (argent, temps, pouvoir, personnes, espace, équipement, l'affectation d'employés ou d'équipement à des travaux...). Un décideur doit allouer des ressources peu abondantes pour des activités variées afin d'optimiser un objectif mesurable. L'objectif est dans ce cas de minimiser ou maximiser une variable (l'objectif mesurable) : minimisation d'un coût ou maximisation de l'occupation de l'espace ou du temps. Les techniques d'optimisation via la programmation mathématique - programmation linéaire par exemple - sont ici utilisées, c'est-à-dire qu'il y a plusieurs variables reliées par une équation mathématique et soumises à des contraintes, il s'agit de maximiser l'une d'entre elles. La solution est la meilleure solution possible. Ces techniques supposent que : les résultats des différentes allocations peuvent être comparées et indépendantes, le résultat total - variable à maximiser ou minimiser - est égal à la somme des résultats des différentes activités, toutes les données sont connues et certaines, les ressources sont à utiliser de la manière la plus économique.

Une décision peu ou mal structurée est un problème qui va nécessiter un gros effort pour être formalisé. Il est probable que la stratégie du décideur sera une stratégie progressive avec des retours arrière. Elle peut donner lieu à des procédures non programmée - d'un point de vue informatique - ou peu programmée. Mais l'un des aspects les plus importants est que dans cette classe de décision, l'homme prend l'avantage sur la machine contrairement aux problèmes structurés. Résoudre le problème nécessite de faire appel à l'intuition et au savoir faire du décideur qui devient l'élément prépondérant du couple Homme/Machine. Dans ce cas, tout ou partie du contrôle de la recherche - processus de décision - doit être laissé au décideur. Dans ce cas, toutes les solutions ne sont pas atteintes. Seul, un sous-espace de l'espace de recherche

- l'ensemble des solutions - est exploré. On parle dans ce cas de recherche heuristique qui fournit une solution au problème : une solution satisfaisante, mais peut être pas la meilleure.

Cette notion de recherche heuristique est liée au principe de rationalité limitée de Simon [77]. Les systèmes Interactifs d'Aide à la Décision, dénoté SIAD - ou DSS : Decision Support System en anglais - ont été conçus pour résoudre ces problèmes de décision

- peu ou mal structurés.



	Traditionnelles	Modernes
<b>Décision programmables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'habitude.</li> <li>• La routine.</li> <li>• Procédure opérationnelle/standardisée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherche opérationnelle               <ul style="list-style-type: none"> <li>- les modèles,</li> <li>- l'analyse mathématique,</li> <li>- la simulation par ordinateur.</li> </ul> </li> <li>• Le traitement informatique des données par programmes (algorithmes)</li> </ul>
<b>Décisions non programmables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le jugement.</li> <li>• L'intuition, la créativité.</li> <li>• Les règles empiriques.</li> <li>• La sélection et la formation des décideurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les techniques heuristiques de résolution de problèmes et leur informatisation (intelligence artificielle, systèmes experts, programmation sous contraintes, etc.).</li> <li>• Le traitement informatique de traitement de connaissance à partir de données (entrepôt et fouille de données)</li> </ul>

**Tableau 2.1 : Méthodes et techniques de prise de décision [56]**

## 2.4 L'aide à la décision

### 2.4.1 Définition

Roy [15] a défini l'aide à la décision comme étant « 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 la décision et notamment 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 » .

### 2.4.2. Les acteurs de l'aide à la décision

L'acteur d'un processus de décision est défini comme « un individu ou un groupe d'individus qui, par son système de valeurs, que ce soit du premier degré, du fait des intentions de cet individu ou groupe d'individus, ou au second degré, par la manière dont il fait intervenir d'autre individus influencent directement ou indirectement la décision » [11] .



Dans [60], les acteurs distinguent 8 acteurs différents : le décideur, l'intervenant, les agis, les demandeurs, l'homme d'étude, le négociateur, le médiateur et l'arbitre dont les plus importants sont le décideur et l'homme d'étude.

1. Le décideur: la personne ou les personnes assistée (s) par l'aide à la décision et qui est aidée pour mieux exprimer ses préférences vis-à-vis une situation donnée.
2. L'intervenant : c'est une personne qui cherche à influencer le décideur dans une phase du processus, en raison de la nature de ses valeurs et donc en fonction de son système de préférences.
3. Les Agis : ils sont concernés par les conséquences de la décision. Ils interviennent indirectement dans le processus par l'image que d'autres acteurs se font de leurs valeurs et plus concrètement de leurs systèmes de préférences.
4. Les Demandeurs : ils demandent l'étude et allouent les moyens.
5. L'homme d'étude (l'analyste) : est un individu ou un groupe d'individus, qui a pour rôle d'établir un système de préférences, de définir le modèle d'aide à la décision, de l'exploiter afin d'obtenir des réponses et d'établir des recommandations pour conseiller le décideur sur les solutions envisageables. L'homme d'étude est à distinguer du négociateur et du médiateur.
6. Le Négociateur : mandaté par un décideur en vue de faire valoir la position de celui-ci dans une négociation et de rechercher une action compromise.
7. Le Médiateur : intervient en vue d'aider les décideurs (ou les négociateurs) à rechercher un compromis.
8. L'Arbitre (juge) : intervient en se substituant aux acteurs dans la recherche d'un compromis.

### 3. Les modèles de décision

Les modèles de décision reposent généralement sur des hypothèses de rationalité des décideurs et de solutions possibles. On distingue deux types de modèles: les modèles normatifs et descriptifs.

#### 3.1 Les modèles normatifs

Ils fournissent la solution optimale, on explore tout l'espace de recherche. On peut citer trois catégories de modèles normatifs :

- Énumération complète : où on trouve la meilleure solution parmi un ensemble d'alternatives.
- Optimisation via des algorithmes : où la meilleure solution est trouvée parmi un ensemble important ou bien infini d'alternatives, en utilisant des améliorations pas à pas.



- Optimisation des formules analytiques : où on a la meilleure solution en utilisant une formule analytique.

### 3.2 Les modèles descriptifs

Ils donnent une solution satisfaisante où on explore une partie des solutions. Parmi les modèles descriptifs, on cite quatre catégories :

- Simulation : C'est une technique pour mener des expériences par décision, on prive les caractéristiques d'un système donné sous différentes configurations. Cette technique nous a amené à trouver une solution assez bonne ou bien la meilleure solution parmi les alternatives évaluées.
- La prédiction : Cette chronique permet de prévoir les conséquences des différentes alternatives, les modèles de prédiction et les modèles markoviens sont parmi les méthodes les plus connues. La prédiction fournit une assez bonne solution ou une solution satisfaisante.
- Heuristiques : Elles nous permettent d'atteindre une solution satisfaisante à moindre coût en utilisant les techniques de la programmation heuristiques et les systèmes à base de connaissance.

## 4. Le décisionnel

Le décisionnel est défini par : « Le décisionnel est le processus visant à transformer les données en informations et, par l'intermédiaire d'interrogations successives, transformer ces informations en connaissance ».



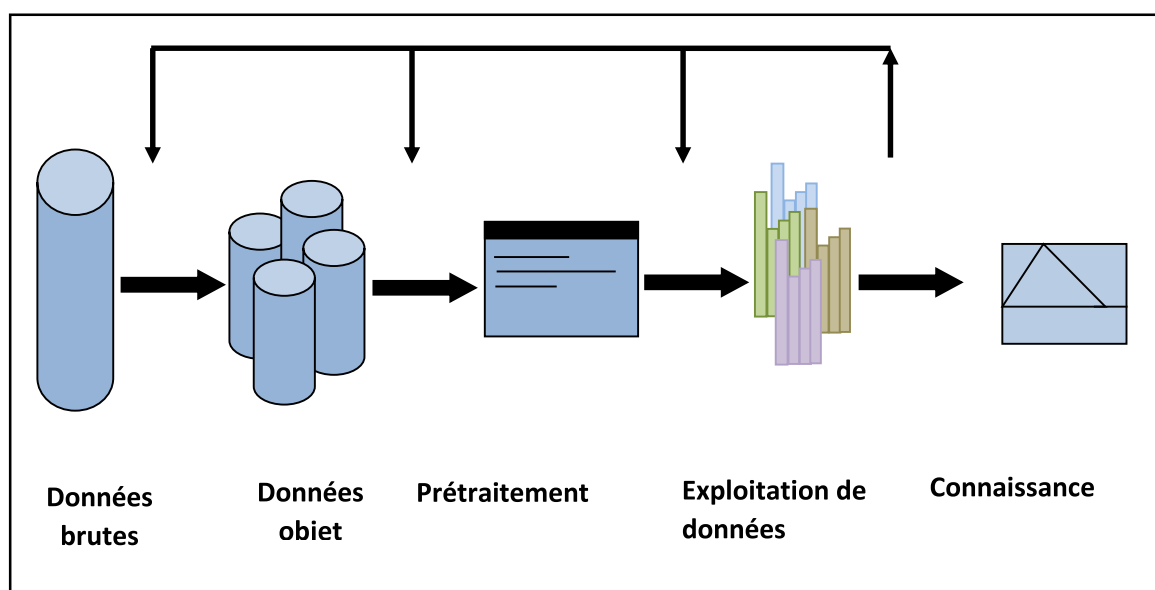


Figure 2.2 Procédé d'extraction des connaissances.

## 5. Processus de décision

L'activité d'aide à la décision s'articule autour d'un processus de décision qui est un ensemble d'activités déclenché par un stimulus, et aboutissant à un engagement spécifique à l'action [70]. Le processus de décision peut être considéré comme une flèche qui part des données (matériau brut) pour aller aux techniques de décision (figure II.1). La littérature concernant les concepts des différents processus de décision est vaste.

Cependant, le processus le plus diffusé est celui de H.Simon (1960) [77]. Nous distinguons, également, d'autres processus comme ceux proposés par Mintezberg en (1976) [70] et Tsoukias en (2003).

- Le Modèle de Simon [77]

SIMON décrit un processus itératif dans le modèle I.D.C (Intelligence Design Choice) qui découpe le processus de décision en trois phases pour :

Identifier dans l'environnement les facteurs que l'on considère sensibles.

Organiser et modéliser les informations que le décideur a retenues de façon à disposer des solutions possibles pour résoudre son problème.

Permettre au décideur de faire un choix parmi les solutions établies ou encore de faire une itération sur l'une des phases précédentes.

En effet, s'il n'a pas trouvé de solution satisfaisante après ces trois phases, on peut ajouter une phase de contrôle qui peut être mise en œuvre avant (à travers des solutions) ou après l'application de la décision.

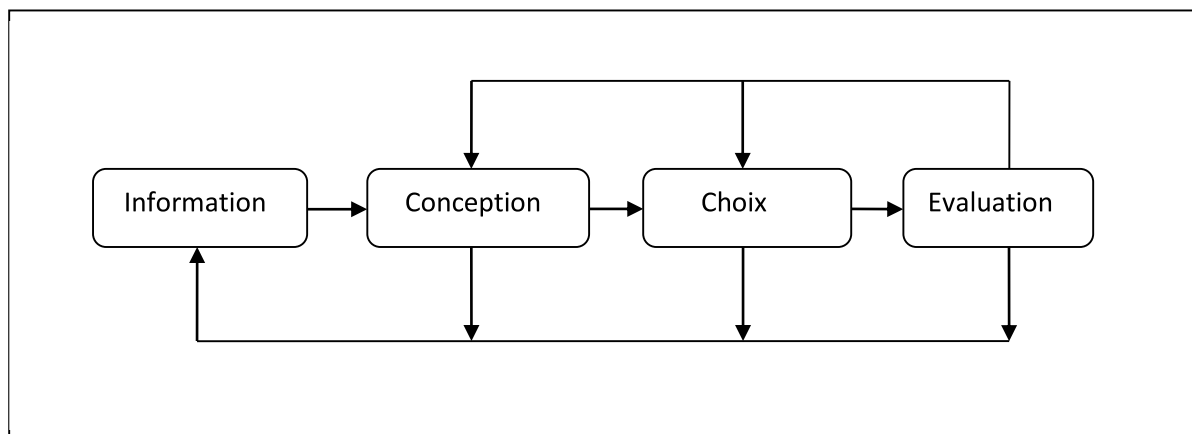
Parmi les différents travaux sur les processus de décision, Simon [77] distingue quatre phases : la recherche d'information, la conception, le choix et l'évaluation.



La procédure décrite par cette succession de phases n'est pas purement séquentielle. Des retours en arrière peuvent se produire, notamment lors de la phase de conception.

- a. Recherche d'informations : Il s'agit de rechercher les informations pertinentes en fonction des questions que le décideur se pose. Ces informations sont à l'origine du processus de décision et leur choix est crucial. En effet, elles influencent fortement les autres phases puisque tous les choix suivants en découlent.
- b. La Conception : Cette phase comprend la génération, le développement et l'analyse des différentes suites possibles d'actions. Pour cela, il va être nécessaire de choisir un ou plusieurs modèles de décision en fonction de la complexité du problème à traiter.
- c. Le choix : Pendant cette phase, le décideur choisit entre les différentes suites d'actions solutions qu'il a été capable de construire et d'identifier pendant la phase précédente. Cette phase inclut la recherche, l'évaluation et la recommandation d'une solution appropriée au modèle.
- d. L'évaluation : En regard des trois phases précédentes, de la solution provisoirement retenue comme satisfaisante, cette phase peut amener à la réactivation de l'une et des trois phases précédentes ou, au contraire, à la validation de la solution.

Simon détaille ce processus en quatre étapes, illustré par la (figure 2.3).



**Figure 2.3** *Processus de décision de Simon*[77]

Le Modèle de Mintzberg et al [70]

Ce processus décisionnel contient sept types d'activités fondamentales regroupés en trois phases :

Phase 1 : Identification de la situation décisionnelle : Reconnaissance et Diagnostic.

Phase 2 : Développement des solutions possibles : Recherche et Conception.

Phase 3 : Sélection d'une solution à implanter : Tamisage, Evaluation/Choix et peut impliquer, si nécessaire, un retour à l'une des phases précédentes.

- Le Modèle de Tsoukias

L'auteur a introduit le concept de processus d'aide à la décision comme une extension au processus de décision. Le processus d'aide à la décision est subdivisé en quatre phases :

1. Représentation du problème.





2. Formulation du problème.
3. Evaluation.
4. Recommandation

## 6. Historique des systèmes décisionnels

L'architecture informatique transactionnelle (systèmes opérationnels) mise en place dans les années soixante-dix ne supportait pas, à proprement dit, les outils informatiques d'aide à la décision, tels qu'on les conçoit aujourd'hui. Tout du moins, le décideur pouvait accéder aux données opérationnelles. Il pouvait créer les informations (produire des rapports, par exemple) en interrogeant les bases de «production de données» à l'aide d'un langage de requêtes (SQL - Structured Query Language, par exemple).

Vers la fin de la décennie soixante-dix, un nouveau concept est né :

l'infocentre. Il s'agit de réaliser une copie de travail des données opérationnelles, afin de soulager les applications transactionnelles des requêtes -parfois bloquantes- du décideur et de permettre à celui-ci de disposer d'une base (sous un SGBDR) supportant ses interrogations impromptues. Cette solution présente cependant des limites. Au-delà de son coût engendré par le doublement des matériels informatiques de calcul et de stockage des données [62], l'infocentre ne permet pas de conserver les versions antérieures des données au fil des mises à jour.

SBC : Systèmes à Base de Connaissances

- L'EIS : Executive Information System proposant les premiers tableaux de bord dans les années 1990.
- Les entrepôts de données : Les entrepôts de données (DW) sont considérés comme étant le lieu de stockage des gros volumes de données.
- Les bases de données multidimensionnelles : Une base où chaque indicateur est analysé en fonction de plusieurs critères ou dimensions.
- La Business Intelligence : Qui regroupe les fonctions d'analyse des données et de reporting. Outre l'évolution des architectures, l'analyse des données dans ces systèmes d'information décisionnels a également connu une évolution.

L'informatique décisionnelle est alors essentiellement constituée d'outils d'édition de rapports, de statistiques, de simulation et d'optimisation. Provenant des recherches en Intelligence Artificielle, les systèmes experts voient le jour. Ils sont conçus par extraction de la connaissance d'un ou plusieurs experts et sont des systèmes à base de règles. De bons résultats sont obtenus pour certains domaines d'application tels que la médecine, la géologie, la finance, etc. Cependant, il apparaît vite que la formalisation sous forme des règles de la prise de décision est une tâche difficile voir impossible dans de nombreux domaines.

Dans les années 90, deux phénomènes se produisent simultanément :

- La possibilité de conception d'environnements spécialisés pour l'aide à la décision.
- De nombreux algorithmes permettant d'extraire des informations à partir de données brutes arrivent à maturité. Ces algorithmes ont des origines diverses et souvent multiples. Certains sont issus des statistiques ; d'autres proviennent des recherches en Intelligence Artificielle, recherches qui se sont concentrées sur des





projets moins ambitieux, plus ciblés; certains s'inspirent de phénomènes biologiques ou de la théorie de l'évolution. Tous ces algorithmes sont regroupés dans des logiciels de fouille de données ou Data Mining qui permettent la recherche d'informations nouvelles ou cachées à partir de données. Ainsi, dans le cas de systèmes à base de règles, plutôt que d'essayer d'extraire la connaissance d'experts et d'exprimer cette connaissance sous forme de règles, un logiciel génère ces règles à partir de données.

## 7. Conclusion

Dans toute entreprise, des décisions sont souvent prises et qui vont conditionner et orienter son avenir. Il y a ainsi des décisions de financement, des décisions d'investissement, ou encore des décisions d'exploitation. Les dirigeants prennent les décisions stratégiques alors que les responsables des sous-systèmes prennent les décisions techniques ou tactiques. Les chefs d'équipes, quant à eux, prennent les décisions de régulation (ou décisions opérationnelles). Les exécutants prennent les décisions d'exploitation.

Dans ce chapitre, nous avons présenté le domaine de la prise de décision. Nous l'avons abordé en premier sous le volet de la décision, en précisant ses différents aspects comme les typologies, les modèles et le processus de décision ainsi que l'historique des systèmes décisionnels.

D'une manière générale nous avons vu que, la prise de décision est considérée comme étant : tout processus mental à la suite duquel tout individu, placé devant plusieurs alternatives mutuellement exclusives, choisit l'une d'entre elles. Certaines décisions sont faciles à prendre. Cependant, il existe des décisions complexes qui requièrent le suivi d'un processus décisionnel associé à une aide au décideur durant ce processus. Cette aide est procurée par les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) qui font l'objet du chapitre suivant.



## Chapitre III

# **Systemes interactifs d'aide à la décision**

## 1. Introduction

Dans ce chapitre nous dressons un historique des SIAD de leurs définitions initiales tout en définissant leur évolution actuelle vers l'Informatique Décisionnelle ainsi que les SIAD de Groupe : « GDSS ».

Le concept de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) a tout d'abord été introduit par l'école anglosaxonne et est la traduction du concept de Decision Support Systems (DSSs). Gorry et Scott Morton (1971) sont à l'origine du concept de «Système Interactif d'Aide à la Décision» (SIAD). D'une façon générale, le terme SIAD correspond aujourd'hui aux outils d'aide à la prise de décision (d'individus ou de groupes) associant, à travers un dialogue, l'outil informatique et l'utilisateur. Reix (2004, p. 136) définit un SIAD comme : «un système d'information assisté par ordinateur, fournissant une assistance aux décideurs essentiellement pour des problèmes non totalement structurés et combinant le jugement humain et le traitement automatisé de l'information ; un système où le contrôle du déroulement du processus de décision incombe au décideur dans le cadre d'une recherche de type heuristique, améliorant plutôt l'efficacité du processus de décision (qualité de la décision prise) que son efficacité (coût du processus)».

## 2. Les systèmes interactifs d'aide à la décision

Les SIAD ont pour objet d'apporter une aide à la décision pour des problèmes peu ou mal structurés [68]. Ces problèmes possèdent les ou l'une des caractéristiques suivantes [20] :

- \* Les préférences, jugements, intuitions et l'expérience du décideur sont essentiels ;
- \* La recherche d'une solution implique un mélange de recherche d'information, de formalisation ou définition et structuration du problème, du calcul et de la manipulation de données ;
- \* la séquence des opérations ci-dessus n'est pas connue à l'avance parce qu'elle peut être fonction des données, être modifiée, peut ne donner que des résultats partiels, ou encore peut être fonction des préférences de l'utilisateur ;
- \* Les critères pour la décision sont nombreux, en conflit et fortement dépendant de la perception de l'utilisateur ;
- \* La solution doit être obtenue en un temps limité ;
- \* Le problème évolue rapidement

### 2.1. Définition des SIAD

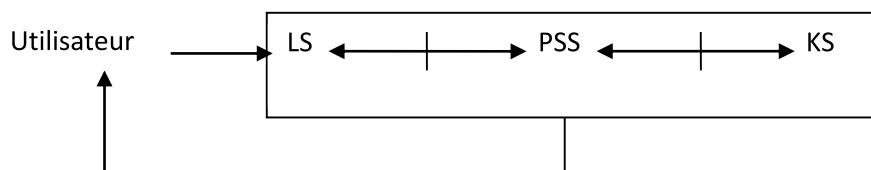
La littérature regroupe de nombreuses définitions proposées des SIAD (Little 1970, Scott Morton 1971, 31, Keen 1956, Moore and Chang 1956) qui ont mis l'accent soit sur le type de problème, soit sur les fonctions du système, soit sur ses composants ou encore sur le processus de développement.

La définition proposée par [22] traite les SIAD (ou encore les DSS) comme STI.

Ce travail distingue entre une première partie PPS (Problem Processing System) correspondant au processeur, une deuxième partie KS (Knowledge System) correspondant à des bases de connaissances statiques (mémoires) et une troisième et dernière partie LS (Language System) représentant le moyen de communiquer avec le système. Cette définition des SIAD a l'avantage de souligner le rôle du savoir, mais elle n'est pas assez explicite pour distinguer ce qui fait la spécificité des SIAD.

La figure 3.1 positionne ces différentes parties.





**Figure 3.1** Principe des SIAD d'après (Bonczek, 1978)

Cette définition peut être précisée de la manière suivante : un SIAD est *“un système d'information interactif, flexible et adaptable, développé spécialement pour aider à la solution de problèmes de management peu ou non structurés. Il utilise des données, fournit une interface simple et autorise le manipulateur à exprimer ses propres opinions.”* Turban [23]

Les systèmes d'aide à la décision reposent de plus en plus souvent sur des systèmes informatiques qui sont chargés de fournir au décideur le maximum d'éléments dans les meilleurs délais et qui l'aideront dans sa prise de décision [30]. Un SIAD est un système informatique dont le rôle est d'assister le décideur tout au long du processus de décision.

Les premiers systèmes d'aide à la décision sont apparus en 1966-1968 et sont devenus effectifs à la fin des années 70 où divers outils d'aide à la décision deviennent opérationnels.

Ils permettent d'évaluer la situation, les diverses alternatives et leur impact. Ils offrent aussi au décideur une ergonomie de grande qualité, un accès enrichi à l'information et une gestion plus efficace de sa complexité, pour finalement l'aider à prendre la meilleure décision.

Une des définitions les plus citées des systèmes d'aide à la décision est celle de Keen et Scott-Morton [24] : « Les systèmes d'aide à la décision font coupler les ressources intellectuelles des individus avec les capacités de l'ordinateur pour améliorer la qualité des décisions. C'est un système d'aide informatique aux décideurs qui traitent des problèmes semi-structurés ». Dans ce sens, les SIAD impliquent l'utilisation d'outils informatiques pour :

1. Assister les décideurs dans leur processus de décision dans des tâches semi structurées;
2. Aider plutôt que remplacer le jugement des décideurs ;
3. Améliorer la qualité de la prise de décision plutôt que l'efficacité.

Sprague et Carlson [25] ont donné une définition très proche de celle proposée par Keen et Scott-Morton [24] : « Les SIAD peuvent être caractérisés comme des systèmes informatisés, interactifs, qui aident les décideurs en utilisant des données et des modèles pour résoudre des problèmes mal structurés ». Leur définition repose sur les mots « données » et « modèles » qui fondent l'architecture des SIAD proposée par les mêmes auteurs. Au début des années 1990, l'utilisation des banques de données (data warehousing) et des processus analytiques en réseau (OLAP) a élargi le domaine des DSS à l'ensemble d'une entreprise.

Les sciences cognitives, en particulier les recherches en *Behavioral Decision making* ont procuré de l'information descriptive utilisée dans la conception de DSS ; les autres disciplines qui interviennent sont les techniques d'intelligence artificielle. Les interactions homme-machine, les méthodes de simulation, l'ingénierie des logiciels. Les télécommunications et les réseaux. Les sciences de l'information en général.

Le concept d'aide à la décision interactive est basé sur l'équilibre entre le jugement humain et le traitement des informations par l'ordinateur. Keen et Scott Morton présentent les SIADs comme des systèmes se consacrant aux tâches semi structurées. Les critères pour le développement de tels systèmes sont très différents de ceux pour des situations structurées. Les mots clés sont apprentissage, interactivité, support et évolution plutôt que remplacement, solution, procédure et automatisation.

On pouvait distinguer à l'origine, deux types de SIAD. Ceux qui, incorporant des statistiques et de la recherche opérationnelle [26], font une large place aux algorithmes d'optimisation et aux calculs numériques, et ceux qui



sont tournés exclusivement vers la gestion de l'information (bases de données, gestion de fichiers et des flux d'informations dans l'entreprise).

Une caractéristique commune à tous ces systèmes est l'interactivité. Lors de la conception de ces systèmes, il s'agit en effet de prévoir une interaction facilitée au maximum entre le système et l'utilisateur. L'utilisateur doit pouvoir disposer de l'information qui lui est nécessaire sous sa forme la plus adéquate pour prendre des décisions. La notion d'interactivité dans un SIAD renvoie au rôle indispensable de l'utilisateur dans son fonctionnement, rôle non passif qui sous-tend le terme aide à la décision, mais aussi à la qualité de l'intégration des différents composants du système et à la nature de l'interface homme/machine [30].

Un SIAD, en favorisant l'association d'un système informatique et d'un décideur, permet la formation d'un système de décision complet. Le décideur, de par sa connaissance pratique, possède un méta-modèle du processus de décision, et le SIAD, par sa capacité de traitement de l'information, l'aide à structurer le modèle [30]. En d'autres termes, le décideur contrôle le processus de décision et le SIAD l'assiste en effectuant les calculs standards et répétitifs sur les données. Dans une telle perspective, le processus de décision s'identifie à une recherche heuristique menée par le décideur ; le système jalonne le processus de recherche à l'aide d'indicateurs et d'informations. Le décideur, en fonction de ces informations produites à l'issue du traitement des données, continue l'exploration heuristique des actions possibles, ou arrête si tout lui indique que la solution construite rencontre ses buts de façon satisfaisante [29]. De ce fait, la coopération entre le décideur et le système informatique ne peut être fructueuse que dans le cadre d'un système interactif [28, 97] [30].

Tout l'art de la conception d'un SIAD réside dans l'instauration d'un véritable dialogue entre l'homme et la machine. Pour qu'un SIAD soit accepté par ses utilisateurs, il faut non seulement qu'il soit capable de gérer toutes les informations disponibles utiles à la décision suivant plusieurs perspectives d'analyse, mais qu'il propose en plus la trace de la logique décisionnelle qu'il a utilisée à des fins d'élucidation et de recommandation.

Les SIAD n'ont plus pour objectif la recherche d'une solution optimale, mais permettent plutôt d'orienter le décideur vers des points qu'il ne pourrait pas toujours observer seul.

## 2.2 Critères d'un SIAD

Un SIAD doit être suffisamment flexible pour que le décideur puisse ajouter, détruire, combiner, changer et réarranger les variables du processus de décision ainsi que les différents calculs fournissant ainsi une réponse rapide à des situations inattendues;

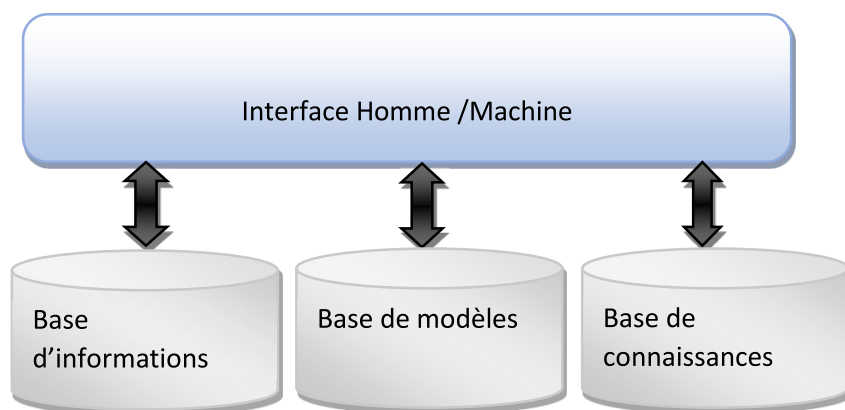
- ils doivent laisser le contrôle de toutes les étapes du processus de décision au décideur pour que celui-ci puisse remettre en cause à tout moment les recommandations faites par le SIAD. Un SIAD doit aider le décideur et non se substituer à lui;
- ils doivent utiliser des modèles. La modélisation permet d'expérimenter différentes stratégies sous différentes conditions. Ces expériences peuvent apporter de nouvelles vues sur le problème et un apprentissage;
- les SIAD les plus avancés utilisent un système à base de connaissances qui apporte notamment une aide efficace et effective dans des problèmes nécessitant une expertise;
- ils doivent permettre la recherche heuristique ; et ils ne doivent pas être des outils de type *boite noire*.

Le fonctionnement d'un SIAD doit être fait de manière à ce que le décideur le comprenne et l'accepte.

De la même manière que les définitions varient en fonction des auteurs, il n'existe pas d'architecture standard pour un SIAD. Chaque auteur reprend sous le terme de SIAD un ensemble plus ou moins étendu de composants.

un SIAD se compose d'un interface homme/machine, d'une base d'informations, d'une base de connaissances et d'une base de modèles (cf. Figure . 3.2).





**Figure 3.2** Composition d'un système Interactif d'Aide à la Décision

L'interface Homme/Machine permet la communication entre l'utilisateur et le système et offre l'accès à la base d'information, à la base de connaissances et à la base de modèle. La base d'information se compose d'une ou plusieurs bases de données et parfois de systèmes à base de connaissances qui peuvent être une source d'informations spécifiques à certains domaines. La base de connaissances peut être un système indépendant apportant une aide pour des problèmes précis nécessitant une expertise sur un domaine étroit. Il peut aussi apporter une aide aux autres composants du système, c'est-à-dire pour la recherche d'informations dans les bases de données, pour l'interface homme/machine ou pour l'élaboration et le séquençement des différentes phases du processus de décision en utilisant la base de modèles.

C'est par l'intermédiaire des interfaces que le décideur accède aux données et aux fonctions de calcul du SIAD. Une fois les manipulations demandées par le décideur effectuées, le système lui renvoie le résultat via les interfaces du module de dialogue. Les échanges sont d'autant plus favorisés que les représentations des résultats, tout comme le mode de questionnement du système, correspondent aux représentations mentales du décideur. Ainsi, le décideur peut exercer son contrôle et effectuer sa recherche heuristique dans de bonnes conditions. Ces interfaces sont gérées par un module de dialogue. Un bon module de dialogue doit permettre d'afficher les informations sous différentes formes (graphiques 2D ou 3D, textes, vidéo ou autres). Il doit aussi fournir une aide à l'utilisateur pour que ce dernier mène à bien sa tâche et il doit le guider à l'aide d'exemples précis tout en étant suffisamment flexible pour s'adapter aux besoins des différents usagers. Un autre point à souligner est que l'interface homme-machine doit permettre le choix entre différents modes ou styles de fonctionnement [66]. Parmi ces différents modes de fonctionnement, [Courbon, 39] distingue notamment le mode *assisté* (toutes les possibilités du dialogue sont disponibles), le mode *expert* (l'assistance est très limitée, ce mode s'applique dans le cas d'un décideur expérimenté), le mode *automatique* (le dialogue se déroule tout seul, suppression de la plus grande partie de l'interactivité), le mode *procédure* (des séquences entières sont exécutées à partir d'une instruction) et le mode *apprentissage* (l'accès au dialogue suit une progression pédagogique).

La base d'informations assure la fonction de mémoire, elle stocke non seulement les données, de façon permanente ou passagère, mais elle gère aussi l'enregistrement de données volatiles ainsi que l'effacement de ces mêmes données selon le souhait de l'utilisateur. Ces données volatiles correspondent aux résultats obtenus lors de traitements de données. Les données que nous avons qualifiées de permanentes sont les informations statistiques ou autres données qui décrivent les situations courantes et passées. Parmi ces données, il peut aussi y avoir des estimations concernant l'évolution de certains paramètres environnementaux.

La base de modèle se compose d'un ensemble de modèles et d'un système de gestion de ceux-ci. Les modèles peuvent être : des outils de recherche opérationnelle, des modèles statistiques ou autres. Pour avoir davantage





de flexibilité, un SIAD doit posséder plusieurs modèles [40]. Dans cette optique, le SIAD organise les liens et le passage de paramètres entre les différents modèles, de même qu'il gère le module de dialogue [78].

La base de connaissance regroupe pour sa part un ensemble de connaissances sur le domaine du problème, sur les modèles et sur les stratégies de constructions des modèles.

Elle permet d'apporter une aide active à la résolution du problème de décision pendant toutes les phases du processus [Klein, 1988]. Elle introduit la notion d'apprentissage dans le SIAD. La base de connaissance peut aussi jouer dans certains cas le rôle de base de modèles [41].

Un SIAD peut assister le décideur lors des trois premières étapes du processus décisionnel [42]. À la phase d'information, le système permet l'exploration de l'environnement afin d'identifier les conditions et les situations exigeant une prise de décision. Dans la phase de conception, le système permet de préciser la situation avec les diverses hypothèses, de générer les solutions possibles et de tester leur faisabilité. Finalement, lors de la phase de choix, le SIAD peut suggérer certaines.

Une revue des définitions montre aussi qu'il existe un large consensus pour dire que le système doit posséder des facilités interactives afin d'interroger l'utilisateur.

Ces définitions constituent un bref historique des SIAD. L'architecture même de ces systèmes a donné naissance à un nouveau domaine représenté par l'Informatique Décisionnelle. En effet les SIAD incluant une base de Données ainsi que son SGBD associé, des chercheurs se sont intéressés à cette partie du système tentant de trouver des réponses à la prise de décision dans les données elles-mêmes.

### 3. Typologies des Systèmes d'aide à la décision

Il existe plusieurs classifications de SIAD. Nous allons en présenter quatre : une classification en fonction de la quantité des informations manipulées, une deuxième classification en fonction du niveau de la décision impliquée, une troisième classification en fonction de l'envergure de la décision et une quatrième classification en fonction du niveau conceptuel du système.

#### 3.1 Classification en fonction de la quantité d'informations manipulées

Power distingue entre des SIAD d'entreprise et ceux de bureau :

Un SIAD d'entreprise est relié à de larges entrepôts de données et sert à plusieurs gestionnaires dans l'entreprise.

Un SIAD simple utilisateur ou de bureau est un petit système qui réside dans un PC d'un gestionnaire individuel.

#### 3.2 Classification en fonction du niveau de décision

Lévine et Pomerol [43] distinguent quatre types de systèmes décisionnels selon le niveau de décision impliqué par un SIAD:

- Executive Information System (EIS) : Un EIS est un système spécialement conçu pour répondre aux besoins de la haute direction d'une entreprise et qui lui est exclusivement réservé. L'intérêt des EIS est de faciliter l'accès aux informations pertinentes en permettant de naviguer de la synthèse au détail. Le but étant de confronter ces informations aux objectifs recherchés.
- Executive Support System (ESS) : Un ESS permet non seulement l'accès aux données critiques, mais intègre également l'analyse de ces données. Cela signifie que pour qu'un EIS soit considéré comme un ESS, il faut qu'il offre la possibilité de supporter également les phases de conception et de choix. Un ESS permet, outre la navigation et le croisement multidimensionnel, de traiter des volumes



importants, d'assurer l'intégration d'informations d'origine diverses et de gérer des hiérarchies et des agrégats. [59]

- Decision Support System (*DSS*) : c'est un système interactif qui aide le décideur à exploiter les données et les modèles pour trouver une solution à un problème non structuré et à analyser l'effet d'éventuels changements de l'environnement sur l'organisation. Le but du DSS est d'aider à la décision et non pas de remplacer le décideur. Il doit permettre de faire de la planification stratégique, ainsi que de la budgétisation à long terme. [59]
- Planning Support System (*PSS*) : il permet de faire une analyse de la faisabilité des procédures ou décisions retenues. Il fournit donc au décideur une assistance intelligente.

### 3.3 Classification en fonction de l'envergure de la décision

Lorsqu'on ne prend en compte que l'envergure de la décision, les SIAD peuvent être classés en trois catégories [44] dans [45]:

- Le SIAD opérationnel : il évite la surcharge mentale de l'opérateur en lui proposant des solutions permettant de faire face rapidement à des situations complexes. Cet automate, qui relève des systèmes experts, n'équipe que ceux des opérateurs qui peuvent avoir à résoudre des problèmes très difficiles sous la contrainte de l'urgence.
- Le SIAD de gestion : il présente aux responsables opérationnels les indicateurs et alarmes quotidiens utiles au pilotage du travail des opérateurs (respect des normes de qualité, charge de travail des ressources). Un SIAD de gestion devrait équiper tout processus de production.
- Le SIAD stratégique : il présente aux dirigeants des séries chronologiques périodiques. Il fournit au comité de direction une évaluation partagée et précoce des indicateurs essentiels.

### 3.4 Classification en fonction du niveau conceptuel du système

Utilisant le mode d'assistance comme critère, Power dans [69] distingue entre quatre types génériques de systèmes d'aide à la décision :

- un SIAD centré données met en relief l'accès à et la manipulation d'une série temporelle de données internes à l'organisation et quelque fois de données externes ;
- un SIAD orienté modèle met en relief l'accès à et la manipulation d'un modèle de simulation, d'optimisation, financier et statistique. Un SIAD orienté Modèle utilise des données et des paramètres fournis par les utilisateurs pour aider les décideurs à analyser une situation, mais n'est pas nécessairement centré sur les données ;
- les SIAD dirigés par la connaissance (*knowledge-driven DSS*) fournissant l'expertise de résolution des problèmes stockée comme faits, règles ou procédures.
- un SIAD orienté documents fournit une expertise de résolution de problèmes spécialisés, stockés comme des faits, des règles, des procédures ou dans des structures similaires ;
- un SIAD orienté communication supporte plus qu'une personne travaillant sur une tâche partagée.

Dans cette dernière catégorie, on retrouve les systèmes d'aide à la décision de groupe (appelés *GDSS* : *Group Decision Support Systems*) qui prennent une position prépondérante dans l'organisation. En effet, de nos jours,





la décision est plus considérée comme une activité de groupe, ce qui a amené les organisations à constituer des équipes virtuelles de décideurs géographiquement éloignés pour collaborer à une variété de tâches.

#### 4. Exemples de domaines d'application des SIAD

Depuis plus d'une vingtaine d'années, de nombreux SIAD ont été développés pour des secteurs aussi variés que les télécommunications, le transport aérien et ferroviaire, la santé, l'ordonnancement et la gestion de projet et bien d'autres, dans cette section nous résumons quelques domaines :

##### 4.1 Un système d'allocation de wagon

À la SNCF (société nationale de chemin de fer français), la répartition des wagons de marchandises est effectuée, sur le plan national, par un service « central de répartition » [66]. Des experts, au sein de ce service, appelés répartiteurs, reçoivent par téléphone les demandes de wagons vides en provenance des zones. Ils centralisent alors les informations sur les wagons vides disponibles et assurent la répartition entre les zones déficitaires et les zones excédentaires. Autrement dit, ils prennent des wagons dans les zones excédentaires pour les envoyer vers les zones utilisatrices.

Outre les demandes ou les offres téléphoniques, les répartiteurs disposent des données de GCTM (Gestion Centralisée du Transport Marchandise) qui fournissent un état de la situation à trois heures du matin, état qui sort sur l'imprimante vers huit heures du matin à l'arrivée des répartiteurs. Cette situation donne un état des besoins et des wagons présents dans les zones ainsi que la moyenne des besoins et des ressources des jours précédents.

Le SIAD mis en place dans ce cadre a pour objectif d'aider le répartiteur dans sa tâche.

Il est basé sur l'utilisation d'un système à base de connaissances. La minimisation des coûts de déplacement à vide, le respect des délais et la satisfaction des clients sont les critères principaux qui régissent le travail des répartiteurs et qui doivent se retrouver dans le SIAD. Il s'agit là d'un premier exemple de SIAD qui peut être généralisé à l'ensemble des problèmes d'allocation de ressources en extrayant les caractéristiques propres à chaque problème.

##### 4.2 La gestion de la production

Un autre type de SIAD pouvant être utile dans l'industrie concerne les systèmes de gestion de production. Un projet de ce type a été mené par le Carnegie-Mellon Robotics Institute sous la direction de M.S. Fox [1956]. Dans ce genre d'application, il s'agit d'optimiser la production en influant sur certains critères : changer les techniques de conception, changer le matériel, anticiper les pannes en proposant des solutions de remplacement et synchroniser les différentes étapes de production. Le système mis en place permet de faire un suivi de la production. Il permet aussi d'effectuer des simulations par rapport à certaines modifications de paramètres et ainsi de trouver des solutions de rechange en cas de problèmes.

Après avoir présenté les définitions constituant un bref historique des SIAD. L'architecture même de ces systèmes a donné naissance à un domaine nouveau représenté par l'Informatique Décisionnelle. En effet les SIAD incluant une Base de Données ainsi que son SGBD associé, des chercheurs se sont intéressés à cette partie du système tentant de trouver des réponses à la prise de décision dans les données elles mêmes.



## 5. Informatique décisionnelle

Une définition de l'Informatique décisionnelle pourrait être : Outil d'aide à la décision, basé sur une base de données fédérant et homogénéisant les informations des différents services d'une organisation. Le datawarehouse correspond à un entrepôt de données. Il peut stocker des téraoctets de données.

Le système d'information décisionnel est un ensemble de données organisées de façon spécifique, facilement accessibles et appropriées à la prise de décision ou encore une représentation intelligente de ces données au travers d'outils spécialisés. La finalité d'un système décisionnel est le pilotage de l'entreprise.

Les systèmes décisionnels sont dédiés au management de l'entreprise pour l'aider au pilotage de l'activité, et indirectement opérationnels car n'offrant que rarement le moyen d'appliquer les décisions. Ils constituent une synthèse d'informations opérationnelles, internes ou externes, choisies pour leur pertinence et leur transversalité fonctionnelle, et sont basés sur des structures particulières de stockages volumineux (datawarehouse, bases On Line Analytical Processing : OLAP). Le principal intérêt d'un système décisionnel est d'offrir au décideur une vision transversale de l'entreprise intégrant toutes ses dimensions.

L'intégration de ces outils décisionnels dans un SIAD a pour objectif de permettre l'établissement de consolidations et de rapprochements non prédéfinis entre des données, essentiellement à des fins de *reporting* ou de prise de décision. Ce sont donc des outils d'interrogation de données et de restitution des résultats, à des niveaux de détail ou d'agrégation variables, et observés selon des axes également variables. Ils s'appuient non seulement sur les données actuelles mais surtout sur l'historique des données afin de permettre des analyses d'évolution temporelle.

Deux fonctions principales sont destinées aux outils décisionnels [47]

1. Collecter et Stocker : *Datawarehouse, Datamart, OLAP, Dataweb*
2. Extraire et Présenter: *Datamining*

Les entrepôts de données ont été conçus de manière à répondre à ce besoin ; en effet, alimenté à partir de données d'origines diverses, il permet d'en faire ressortir les aspects informationnels qui pourront être analysés suivant divers angles suivant les besoins. Le système décisionnel est composé de trois principaux composants : les sources de données, l'entrepôt de données (base des données d'analyse) et les outils pour l'interrogation de l'ensemble de données. La mise en place de la base de stockage (entrepôt de donnée) nécessite un travail préalable d'organisation et de représentation de données ; le formalisme le plus approprié est celui de la modélisation multidimensionnelle. La modélisation des données est un élément fondamental dans la démarche de spécification d'un système d'information quel qu'il soit. Nous allons dans ce sens définir les concepts fondamentaux

### 5.1 Entrepôt de données

Dans le cadre de sa recherche sur la représentation des données de banques, [48], propose la structure en schéma relationnel dans lequel les données sont regroupées dans des tables ; les informations des enregistrements (lignes d'une table) sont utilisées pour identifier les liens. On parle dès lors de modèle relationnel duquel va découler la modélisation entité-relation sur laquelle les bases de données s'appuient. Une base de données est définie comme un ensemble structuré et cohérent de données. Cette méthode de stockage a vu le jour pour répondre aux problématiques liées à la sauvegarde dans des fichiers plats, [49] : redondance, non cohérence, sécurité, maintenance, accès simultanés, etc. Les applications basées sur les bases de données relationnelles étaient de types opérationnels pour répondre aux besoins basiques des utilisateurs que sont le stockage, la mise à jour et la consultation en temps réel. Les traitements sont assurés par les processus transactionnels appelées OLPT (On Line Transactional Processing). [50] dans sa synthèse, basée sur les articles de [51], et [58], fait ressortir les caractéristiques des OLPT à travers trois (3) éléments :

- le traitement réduit du nombre d'enregistrements ;
- la limitation des requêtes au mise à jour ;
- l'accès en parallèle.

Le système décisionnel regroupe les grands éléments ou activités comme le montre le schéma ci-dessous (figure 3.3)



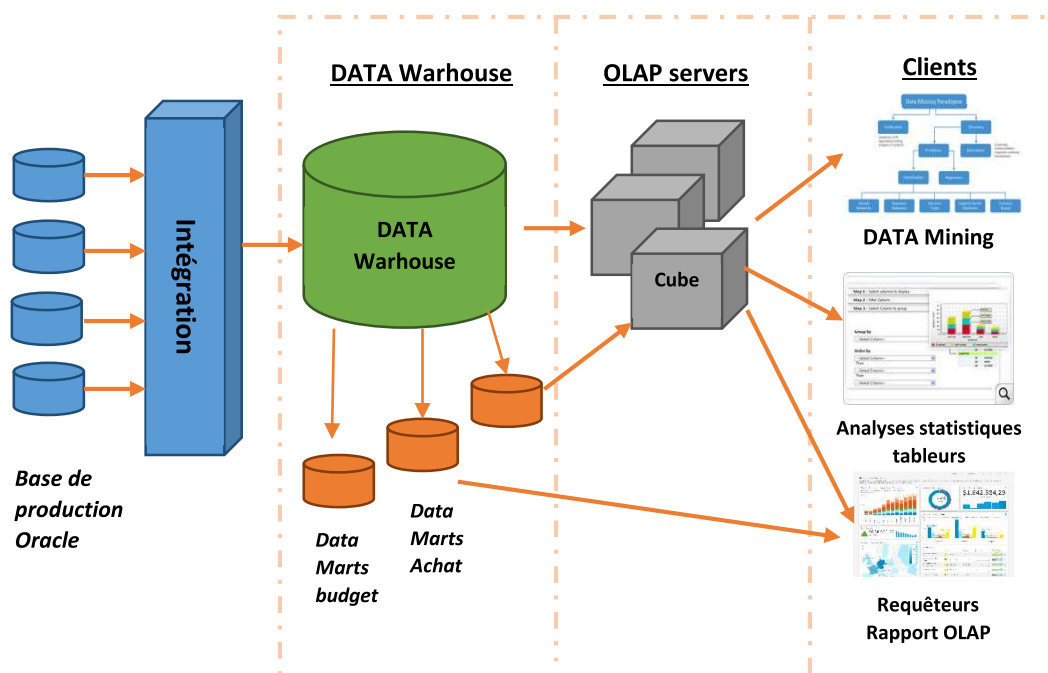


Figure 3.3. Les grands éléments d'un système décisionnel

**Les données de l'entreprise** Ces données sont multiples : données internes (bases de données clients, données de production, applications métiers, etc.) ou données externes (bases de données professionnelles, informations économiques et tous types de données provenant d'Internet).

**Outils d'alimentation ETL** Les outils ETL (Extraction, Transformation and Loading) utilisés pour la constitution des entrepôts de données et leur alimentation régulière en informations récentes, servent à extraire les informations des différentes bases de production de l'entreprise, à leur donner une présentation homogène et fiable pour l'analyse (nettoyage, alignement, suppression des doublons, etc.) et à les charger dans l'entrepôt de données.

Ces outils permettent de récupérer les données quelque soient leurs sources et les systèmes qui les supportent (système d'exploitation, SGBD, formats, etc.), d'automatiser et d'industrialiser le processus d'alimentation, de faciliter la maintenance des données et de limiter les développements spécifiques. Ces outils permettent de construire, de mettre à jour et de maintenir le dictionnaire des métas données. Le dictionnaire des métas données est donc le référentiel du système d'information décisionnel. Le dictionnaire de métas données comprend :

- La description des données sources et cibles.
- La description des processus d'alimentation.
- Les règles de gestion (règles de transformation, contrôle qualitatif, etc.).
- Les résultats d'exécution.

Plusieurs produits de différents éditeurs existent sur le marché, nous trouvons entre autres :

### Datamart



Un *Datamart* est un magasin de données. Il s'agit d'une solution départementale d'entrepôt de données (*Datawarehouse*) supportant une partie des données et fonctions de l'entreprise.

C'est un sous-ensemble d'un *Datawarehouse* qui ne contient que les données d'un métier de l'entreprise alors qu'un *Datawarehouse* contient toutes les données décisionnelles de l'entreprise pour tous les métiers. L'avantage de la mise en œuvre d'un tel outil est plus aisée vu sa portée et son étendue réduites dans l'organisation. La difficulté reste le coût de développement de son développement ad hoc pour chaque domaine défini.

### OLAP (On Line Analytical Processing)

Traitement analytique en ligne, c'est la technologie qui permet de produire des synthèses descriptives en ligne (ou vues) des données contenues dans les grosses bases et les *Datawarehouses*. *OLAP* repose sur une structure de données spécialement adaptée aux extractions et aux croisements : hypercube (ou cube).

Un hypercube est une construction intellectuelle qui rassemble les données en plusieurs axes appelés « dimensions ». Après avoir été extrait depuis un *Datawarehouse*, un hypercube permet de croiser et d'extraire des données de manière interactive suivant des critères qui n'avaient pas été imaginés. Ainsi, la technologie hypercube permet à l'utilisateur, par la production de tableaux multidimensionnels intermédiaires, de construire par sélection, les séries chronologiques ou les tableaux croisés dont il a besoin. Le contenu de ces hypercubes

doit être défini a priori, à partir de l'analyse des besoins, de sorte qu'ils satisfassent au mieux les besoins des utilisateurs.

### Dataweb

Actuellement, on assiste au développement d'un nouveau concept qui permet de fusionner le *Datawarehouse* et le Web : il s'agit du *Dataweb*. Le *Dataweb* désigne le support d'applications décisionnelles sur le web. De manière plus générale, c'est l'idée sous-jacente d'un accès à une base de données universelle, quelle que soit la plate-forme d'hébergement, sa localisation (interne/externe, Internet) ou le format des données (numérique, alphanumérique, HTML, images, ...). Il n'est pas récent d'affirmer qu'il est essentiel d'avoir accès aux données internes à l'entreprise, mais aussi aux données externes qui peuvent provenir par exemple de l'internet. Un des avantages du *Dataweb* est de faciliter l'obtention des informations externes de l'entreprise.

### Datamining

Le terme de *Datamining* signifie littéralement forage de données. Comme dans tout forage, son but est de pouvoir extraire un élément : la connaissance. Ses concepts s'appuient sur le constat qu'il existe au sein de chaque entreprise des informations cachées dans le gisement de données. Ils permettent, grâce à un certain nombre de techniques spécifiques de faire apparaître des connaissances.

L'exploration se fait sur l'initiative du système, par un utilisateur métier, et son but est de remplir différentes tâches :

- **La classification** se fait naturellement depuis déjà bien longtemps pour comprendre et communiquer notre vision du monde. Elle consiste à examiner des caractéristiques d'un élément nouvellement présenté afin de l'affecter à une classe d'un ensemble prédéfini.
- **L'estimation**, contrairement à la classification, son résultat permet d'obtenir une variable continue. Celle-ci est obtenue par une ou plusieurs fonctions combinant les données en entrée.

Le résultat d'une estimation permet de procéder aux classifications grâce à un barème. Un des intérêts de l'estimation est de pouvoir ordonner les résultats pour ne retenir si on le désire que les  $n$  meilleures valeurs.

- **La prédiction** ressemble à la classification et à l'estimation mais dans une échelle temporelle différente. Tout comme les tâches précédentes, elle s'appuie sur le passé et le présent mais son résultat se situe dans un futur généralement précisé. La seule méthode pour mesurer la qualité de la prédiction est l'attente.
- **Le regroupement par similitudes** consiste à regrouper les éléments qui vont naturellement ensemble.
- **L'analyse des clusters** consiste à segmenter une population hétérogène en sous-populations homogènes. Contrairement à la classification, les sous-populations ne sont pas préétablies.



- **La description**, c'est souvent l'une des premières tâches demandées à un outil de datamining. On lui demande de décrire les données d'une base complexe. Cela engendre souvent une exploitation supplémentaire en vue de fournir des explications

### L'outil Oracle Warehouse Builder

Oracle Warehouse Builder (OWB) est un outil fourni par Oracle, il peut être utilisé à chaque étape de la mise en œuvre d'un entrepôt de données, de la conception initiale, la création de la structure des tables jusqu'à la définition du processus ETL sans oublier l'audit et la qualité des données. L'OWB s'inscrit dans tout le parcours de la mise en place de l'entrepôt de données. Il est fourni en tant que partie de l'installation d'Oracle Data Base, Pour les versions précédentes du SGBD Oracle elles peuvent être téléchargées gratuitement via le site Oracle. En effet, un simple entrepôt de données permettra l'utilisation d'un sous-ensemble des fonctionnalités d'OWB, au fur et à mesure que l'entrepôt de données croît en complexité, l'outil fournit plus de fonctionnalités qui peuvent être mises en œuvre. Ainsi cet outil offre les avantages d'un ETL moderne tout en gardant une maîtrise lissée des coûts.

- DTS de Microsoft SQL Server.
- Talend Open Studio.
- DataStage d'Ascential Software.
- BusinessObjects Data Integrator de Business Objects.
- Cognos Series 7 Decision Stream de Cognos.

## 6. Conclusion

Dans de nombreux secteurs de l'industrie, les décideurs sont confrontés à des problèmes complexes, de grande dimension et multi-objectifs. Prendre une décision, pour ce genre de problèmes, nécessite en général l'optimisation simultanée de plusieurs objectifs souvent contradictoires. Malheureusement, la complexité des problèmes industriels, le nombre sans cesse croissant d'objectifs à optimiser simultanément et la rapidité des changements de l'environnement raccourcissent considérablement les délais de prise de décision tout en rendant cette tâche plus difficile pour les gestionnaires. Des outils informatiques comme les systèmes interactifs d'aide à la décision (SIAD) s'avèrent donc d'une grande utilité pour le décideur car ils favorisent une répartition évolutive des compétences entre l'utilisateur et la machine et offrent une bonne intégration de l'homme et de la machine dans le processus de décision. Les SIAD permettent donc au décideur d'évaluer la situation, les diverses alternatives et leurs impacts éventuels.

Dans le chapitre suivant nous exposerons les systèmes interactifs intelligents d'aide à la décision



## Chapitre IV

# **Les systèmes interactifs intelligents d'aide à la décision**



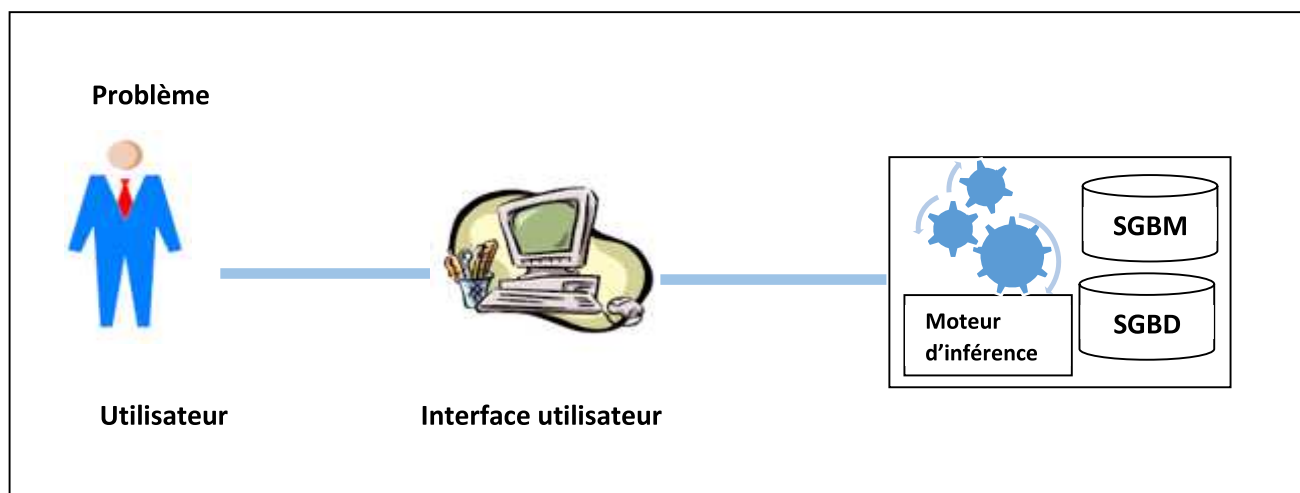
## 1. Introduction

L'évolution de l'informatique, la nature et la complexité croissante des problèmes abordés amènent à concevoir des systèmes intelligents hautement interactifs. Ces systèmes, qui concernent l'aide à la décision nécessitent une démarche particulière de conception et d'ingénierie des connaissances, essentielle pour construire et intégrer le modèle de l'utilisateur, le modèle de l'expertise ainsi que le modèle de l'interaction. Le thème privilégie une démarche qui, au-delà de la réalisation d'applications spécifiques, aboutit à la proposition de méthodes générales de conception des composants de l'aide à l'utilisateur.

## 2. Etat de l'art

Selon [Marakas , 52 ] les composants d'un SIAD peuvent être généralement classifiés en cinq parties distinctes :

- Un système gestionnaire de base de données ainsi que la base de données associée : qui stocke, organise, trie et remonte les données pertinentes pour un contexte particulier de décision ;
- Un système gestionnaire de base modèles ainsi que la base de modèles associée : qui possède un rôle similaire au système gestionnaire de base de données excepté qu'il organise, trie, stocke les modèles quantitatifs de l'organisation ;
- Le moteur de connaissances : qui remplit les tâches relatives à la reconnaissance de problèmes et à la génération de solutions finales ou intermédiaires aussi bien que des fonctions relatives à la gestion du processus de résolution de problème.
- Une interface utilisateur : qui est un élément clé des fonctionnalités du système global ;
- Un utilisateur : qui fait partie intégrante du processus de résolution de problème.



**Figure 4.1** les composants du SIAD Selon [Marakas , 52 ]

Nous voyons donc apparaître dans l'architecture même de ces systèmes une partie technologique issue de l'Intelligence Artificielle intégrant une modélisation des connaissances dans le problème à résoudre. L'intérêt de cette architecture réside dans l'accent mis sur le raisonnement dans la prise de décision et supporté par des outils de type Systèmes à Base de Connaissances.

[53] proposent une architecture conceptuelle pour la prochaine génération de systèmes supportant la prise de décision à l'âge d'Internet. En effet, ils proposent une architecture de SIAD intelligents (IDMSS) capables de



supporter toutes les phases du processus de décision d'une manière continue, intégrée et complète (voir figure VI.2). Le principal attrait de cette définition est de mettre l'accent sur le processus décision. En effet, les auteurs proposent différentes sortes d'aide selon les différentes étapes du processus

Dans Zaraté (1991). L'auteur a défini des SIAD Intelligents ou SIAD à Base de connaissances comme des systèmes reposant sur l'architecture des SIADs proposée par [72] intégrant un système à base de connaissances soit dans le système gestionnaire de base de données, soit dans le système gestionnaire de base de modèles soit dans l'interface homme/machine. L'intérêt est ici de pouvoir apporter une aide selon le type de raisonnement de la prise de décision : raisonnement orienté données, raisonnement orienté modèles, raisonnement orienté interfaces.





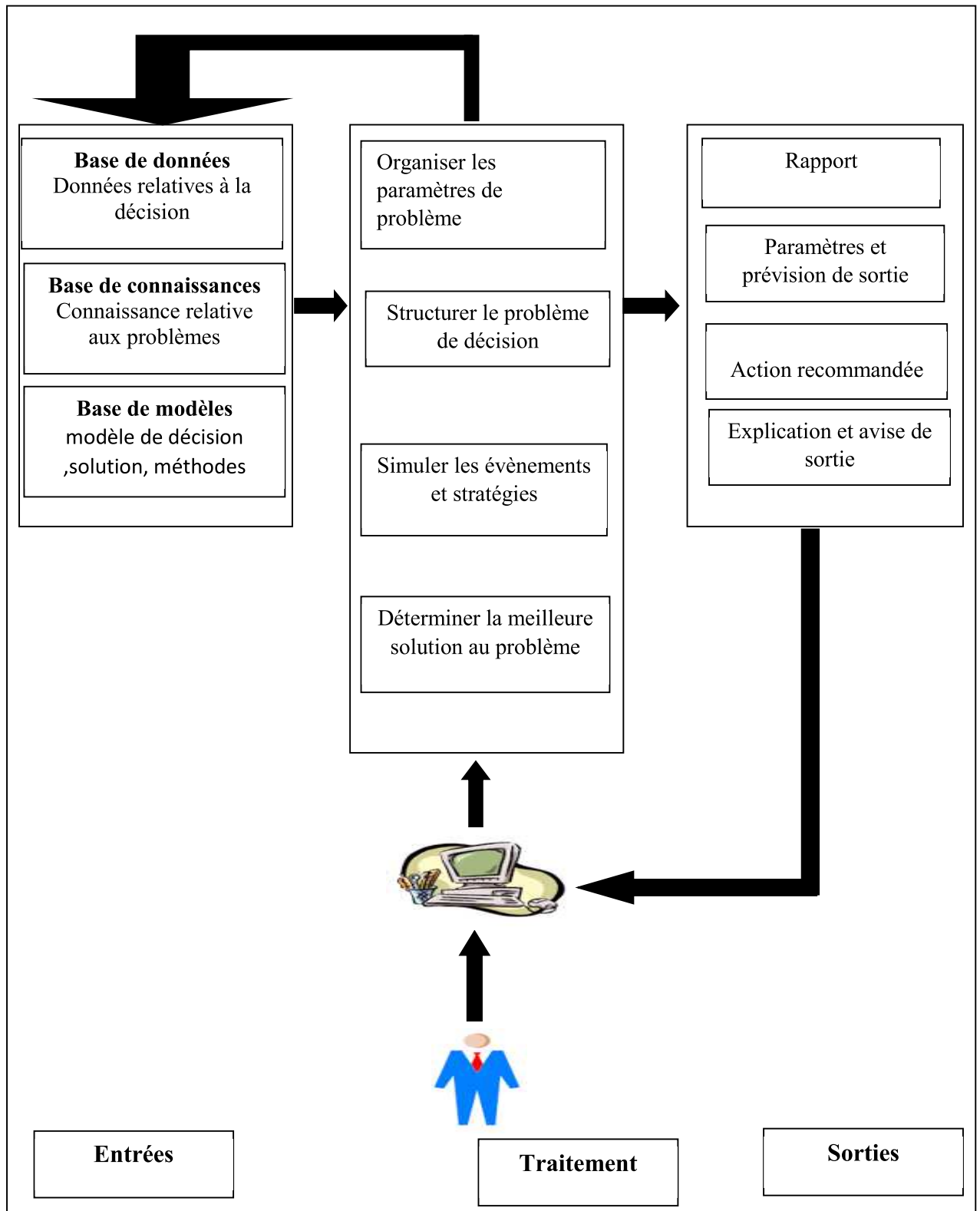


Figure 4.2 : Architecture conceptuelle de I-DMSS de [53]



Dans Zaraté (1991) l'auteur propose une démarche coopérative pour la conception des SIAD Intelligents ou Systèmes d'Aide à la décision à base de connaissances. Cette démarche consiste à mettre en relation le processus de décision défini par [Simon ,77] ainsi que le processus d'acquisition des connaissances. [Zaraté 1991] propose cette démarche coopérative lors de la phase d'acquisition des connaissances. Cette approche consiste en un processus décomposé en quatre étapes :

- définition des acteurs impliqués,
- définition du but général,
- décomposition des tâches et
- affectation des tâches aux différents acteurs.

Cette démarche repose sur une définition de la coopération qui sera présentée dans les sections suivantes. L'idée directrice de ces travaux est de renforcer la communication ainsi que la coopération entre les différents acteurs impliqués dans la conception des SIAD Intelligents. Il s'agit ici d'une approche orientée méthodologie de conception. L'auteur est aussi intéressé à l'utilisation d'outils issus de l'Intelligence Artificielle pour les SIADs. L'idée est de montrer quelles sont les potentialités à combiner les outils et les techniques issus de l'Intelligence Artificielle avec des procédures théoriques plus traditionnelles pour l'aide à la décision.

### 3. Les systèmes d'aide à la décision de groupe (GDSS)

Les GDSS sont une classe particulière de systèmes d'aide au travail de groupe destinés à fournir une aide computationnelle aux processus de prise de décision collaboratifs [7]. Les GDSS définissent une technologie collaborative largement utilisée qui a fait augmenter la participation d'utilisateurs et la qualité de la prise de décision.

Parallèlement, les GDSS diminuent les pertes de processus telles que l'appréhension d'évaluation, la domination, la socialisation et l'analyse de tâche incomplète.

#### 3.1. Définition d'un GDSS

Un GDSS est un système interactif et informatisé qui facilite la résolution des problèmes non structurés par un ensemble de décideurs fonctionnant ensemble en tant que groupe. Il aide des groupes, particulièrement groupes de directeurs, en analysant des situations de problème et en accomplissant des tâches de prise de décision de groupe [7].

Les Systèmes d'aide à la décision de Groupe (GDSS), qui sont étroitement liés au DSS, facilitent la résolution de problèmes non structurés et semi-structurés par un groupe de décideurs travaillant ensemble telle une équipe [7]. Ce sont des environnements informatiques interactifs qui favorisent un effort concerté et coordonné d'une équipe de décideurs vers l'achèvement de tâches collectives et font évoluer la prise de décision collectivement en facilitant l'échange et l'utilisation d'informations par les membres du groupe d'un côté, et l'interaction entre le groupe et le système d'un autre côté.

Dans [8], les auteurs définissent un GDSS comme « *une combinaison d'ordinateurs, de communications et de technologies de décision travaillant en tandem pour fournir une aide à l'identification de problème, à la formulation et à la génération de solutions pendant les réunions de groupe* ».

#### 3.2. Décision de groupe (collective)

La décision de groupe, prise de décision collective, ou décision multi-participant traite les processus dans lesquels plusieurs décideurs sont impliqués. Elle consiste à discuter des solutions possibles avec un groupe dans le but de déterminer une décision finale. Les participants à un processus de décision doivent :

- joindre leurs efforts pour un but commun ;



- intégrer des points de vue multiples ;
- travailler ensemble pas forcément au même endroit ni au même moment ;
- diviser la prise de décision en différentes sous-tâches qui seront affectées à des participants individuels ;

La majorité des problèmes de prise de décision du monde réel impliquent plusieurs décideurs. Comme la prise de décision se dirige d'une activité individuelle vers une activité de groupe, beaucoup d'organisations forment des équipes virtuelles d'agents de connaissance géographiquement distribués pour collaborer dans une variété de tâches [7].

### 3.3. Avantages et limites d'un GDSS

Les GDSS sont censés améliorer la performance du groupe en améliorant le processus de prise de décision. En utilisant un GDSS, les membres du groupe peuvent :

- discuter un problème ;
- échanger des idées ;
- évaluer les solutions alternatives ;
- voter et choisir une solution ;
- imprimer des rapports et accomplir tout autre travail collaboratif.

Donc, les GDSS offre au groupe plusieurs avantages :

- Ils peuvent améliorer la participation et la compréhension et atténuer les conflits interpersonnels contre-productifs.
- La fragmentation du temps peut également être réduite par les GDSS puisque les participants peuvent faire des contributions simultanément [7]. Les personnes travaillent sur le système en parallèle. On parle de parallélisme de la communication. Ainsi, il est possible de générer des solutions innovatrices et créatives, d'obtenir plusieurs idées en circulation et de les capter rapidement ;
- L'évaluation des alternatives peut également être plus objective avec l'utilisation des GDSS [7].
- Le système fournit un schéma anonyme. Toute suggestion d'idées est anonyme et aucune dominance n'est privilégiée. De ce fait, il y a une opportunité égale pour la participation à toutes les réunions pour chaque participant. Ainsi, le participant ne se sent pas encombré par les statuts des autres.
- Le schéma d'anonymat maximise la participation des intervenants dans l'élaboration de solutions, aide les membres à exprimer leurs opinions plus librement et assure ainsi un plus grand appui aux solutions élaborées de la part des participants. L'anonymat dans l'expression des opinions autorisé par la technologie contribue à réduire la domination et l'appréhension d'être évalué par les autres [7].
- Le système permet de choisir parmi une variété de techniques.
- Le système offre un accès à des sources d'information externes afin qu'il puisse être utilisé dans un processus décisionnel collectif efficacement.
- Le système favorise le développement d'une mémoire organisationnelle en gardant un enregistrement des entrées des participants et des choix faits.
- Un autre aspect positif des GDSS est l'amélioration de la cohésion du groupe et des relations entre les participants dans le contexte de la prise de décision collective et, selon, une décision de plus grande qualité.



### 3.4. Structure d'un GDSS

Un GDSS peut être vu comme un DSS évolué par le fait qu'il y a plus d'un décideur impliqué dans le processus décisionnel, à même de fournir une certaine aide informatique pour la communication et l'intégration d'idées multiples. Il peut être caractérisé comme comprenant trois composants :

- **Une structure physique** : Elle peut aller des plus spécialisées (salle équipée de stations spécialisées, affichage de groupe, surface de travail configurée, éclairage modifiable, etc.) aux salles de réunion ordinaires.
- **Des outils** incluant certains supports pour les différentes phases de l'activité collective telles que la génération d'idées, l'évaluation et le classement des solutions alternatives, le vote et la sélection d'actions et divers modèles de décision.
- **Un médiateur** agissant comme un « facilitateur » pour le groupe et aidant ce dernier dans l'élaboration de l'ordre du jour de la réunion et dans l'utilisation des outils appropriés pour les activités collectives.

### 3.5. Les types de GDSS

Trois types de GDSS correspondent aux trois niveaux d'évolution [8]:

1. **Premier niveau** : La fonction essentielle des GDSS est d'améliorer la communication entre les décideurs.
2. **Deuxième niveau** : Les GDSS intégrant les mêmes caractéristiques que ceux du premier, sont en plus dotés de procédures permettant de modéliser et d'agréger les préférences individuelles afin d'établir un consensus. Remarquons que les GDSS de ces niveaux font souvent intervenir un facilitateur dont le rôle est de faire avancer le processus de décision.
3. **Troisième niveau** : Les GDSS permettraient de façon automatisée de structurer les échanges d'information et la communication sur la base de recommandations émises par des systèmes experts, par exemple les règles à suivre au cours du processus de décision et les méthodes d'aide à la décision à mettre en œuvre, en fonction du contexte.

Le (tableau IV.1) distingue quatre situations de coopérations dans les GDSS :

<b>Locale</b>	<b>à distance</b>
Les travailleurs qui coopèrent dans un même lieu (dans la même pièce, par exemple) sont en mesure d'interagir fréquemment	limités dans leurs interactions par la disponibilité, la largeur de la bande passante et le temps de réponse du moyen de communication
<b>synchrone ou asynchrone</b>	
Les différentes tâches et sous-tâches d'un travail coopératif peuvent être effectuées simultanément ou reportées dans le temps. L'intervalle de temps entre deux tâches coopératives varie d'autant. Les sous-tâches peuvent être réalisées comme une suite d'actions étroitement couplées ou comme une série d'actions interconnectées	
<b>Collective</b>	<b>Distribuée</b>
les individus coopèrent ouvertement et consciemment : ils constituent un groupe qui a une responsabilité commune.	les individus sont semi-autonomes. Chacun peut modifier son comportement selon les circonstances et avoir sa propre stratégie : dans cette situation, chaque travailleur n'est pas nécessairement conscient des autres ni de leurs activités.
<b>Directe</b>	<b>Indirecte</b>
les travailleurs interagissent en échangeant une information symbolique: ils communiquent.	coopération via un appareillage technique, typiquement une machine. Dans ce cas, les travailleurs ne communiquent pas. Néanmoins, ils coopèrent

**Tableau 4.1** Situations de coopération



### 3.6. L'aide à la décision de groupe distribuée

La tendance actuelle à la globalisation a transformé la manière de prendre les décisions : les organisations sont maintenant bien souvent présentes sur plusieurs sites répartis à différents endroits de la planète. En conséquence, les données, les interfaces et les utilisateurs se situent bien souvent dans des lieux géographiquement distincts. Par ailleurs, beaucoup de situations nécessitant une prise de décision rapide interviennent dans des environnements dynamiques et peu prévisibles. Les situations d'urgences médicales ou militaires en sont deux exemples. Ces environnements sont caractérisés par la dispersion des données parmi un ensemble d'intervenants répartis géographiquement. Contrairement aux outils classiques d'aide à la décision, les systèmes d'aide à la décision de groupe distribués tentent de répondre au besoin de mise en relation de ces données décentralisées.

On peut définir un SIAD distribué comme une collection de composants ou de services (hardware ou software), organisés au sein d'un réseau dynamique coopérant dans le but d'aider à la prise de décision. En effet, le concept de SIAD n'est pas incompatible avec la distribution des connaissances et des utilisateurs, mais simplement que l'architecture classique d'un SIAD repose sur une source centrale de synchronisation (bien souvent il s'agit d'une base de données centrale) [1].

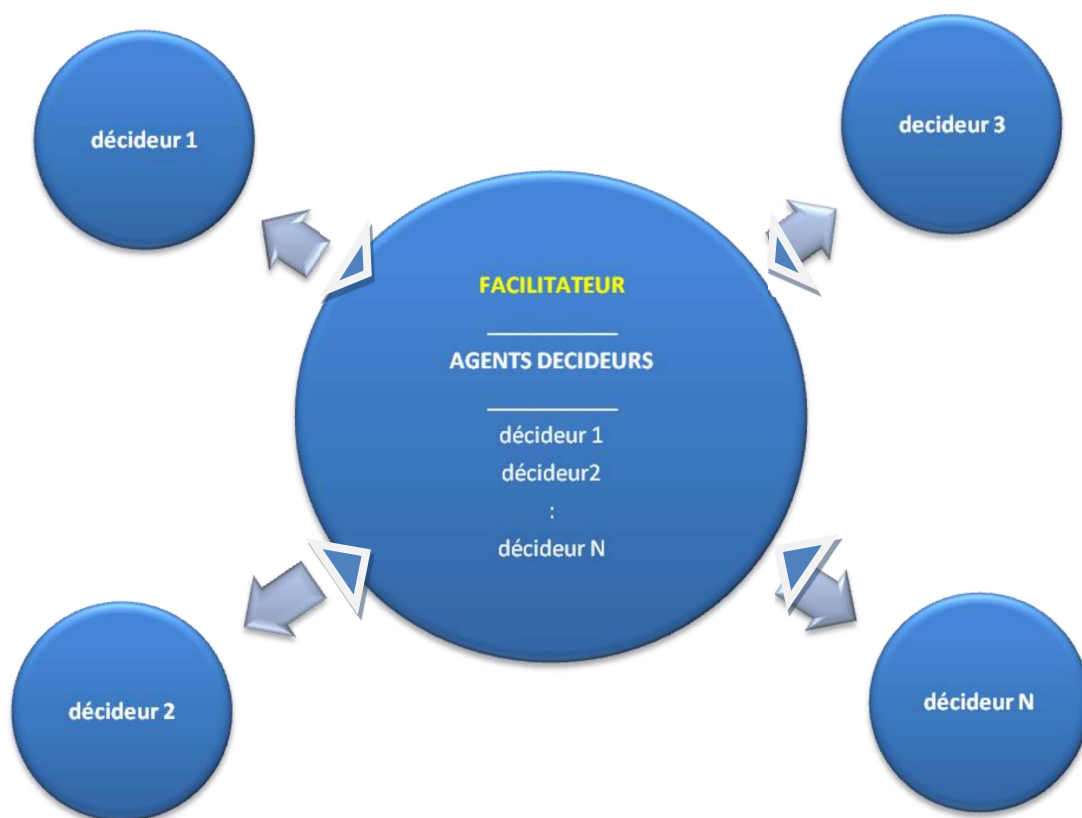
#### 3.6.1. Architectures des GDSS distribués

De nombreux auteurs définissent l'architecture d'un DSS en termes de divers composants [Bek, 10] note que les divers composants d'un DSS traditionnel et/ou ses utilisateurs ne doivent pas être dans le même endroit. Ils peuvent être dispersés à la fois géographiquement et organisationnellement au travers d'une organisation et de son environnement. Les décideurs et assistants doivent être capables de travailler avec le système n'importe où. Ils doivent avoir un accès direct au DSS afin d'adapter dynamiquement les ressources à la situation. Les trois principales topologies utilisées pour la communication sont la topologie centralisée, la topologie décentralisée et la topologie hybride.

##### a) Architecture centralisée

L'architecture distribuée de Turban est typiquement une topologie de réseau centralisé (Figure 4.3).





**Figure 4.3** Architecture centralisée

#### Avantages

La topologie centralisée permet un contrôle aisé sur les données et les utilisateurs. Le principal avantage des systèmes centralisés est leur simplicité, qui est un facteur important pour le développement de DSS (temps de développement court et meilleure maniabilité).

#### Inconvénients

Le principal inconvénient de la centralisation est que chaque chose est uniquement en une seule place. Par conséquent, il n'y a aucune tolérance aux fautes, aucune indépendance du lieu et faible extensibilité et graduation. Aussi, l'architecture repose sur une source centrale de synchronisation. Bien souvent, le rôle de coordination centrale est dévolu à la base de données. Cet élément représente un point central susceptible de rendre le système particulièrement fragile et de mettre tout le système hors-service face à une défaillance du composant central que cela soit local (comme une panne matérielle) ou externe (comme une panne réseau).

#### b) Architecture décentralisée

Les systèmes décentralisés (figure VII.4) ont presque exactement les caractéristiques opposées des systèmes centralisés. Ils sont totalement tolérants aux fautes, indépendants du lieu et extensibles. En effet, l'extension du système peut être réalisée par l'ajout de nouveaux composants sans devoir suspendre le fonctionnement de l'ensemble. De même, la réplication des composants « vitaux » entre les différents nœuds permet d'assurer une certaine capacité de tolérance aux fautes [1].







Figure 4.4 Architecture décentralisée

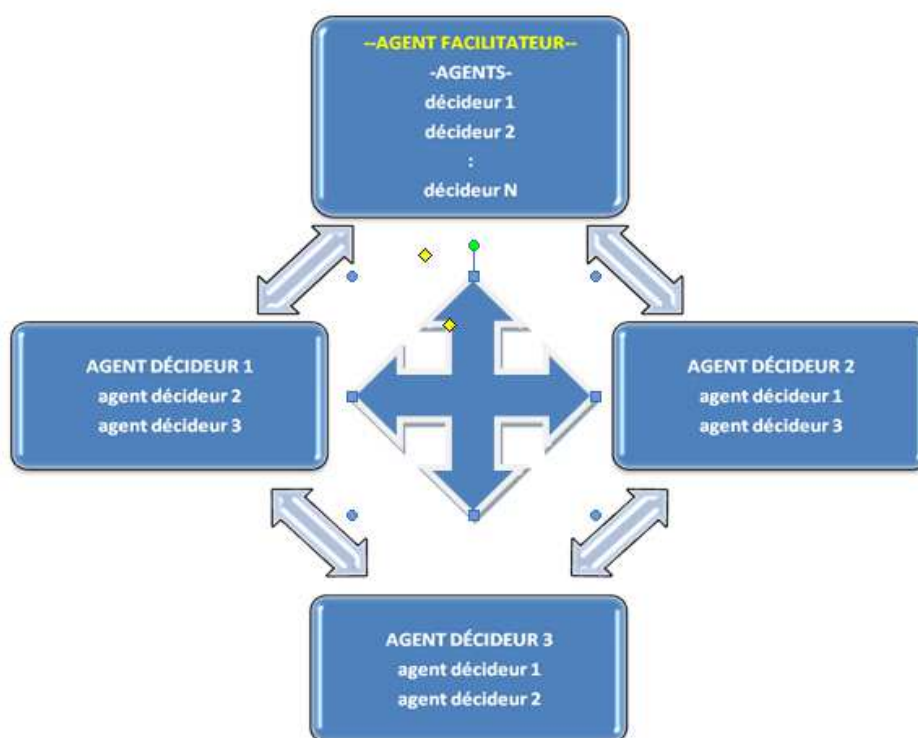
#### Inconvénient

Le principal désavantage de cette topologie réside dans la difficulté à connaître et à maîtriser l'état du système : il est ainsi relativement difficile de gérer et par conséquent difficile à implémenter [1].

#### c) Architecture hybride

Les topologies hybrides sont parfois utilisées pour traiter des cas relatifs à la synchronisation de données, la réplication de données ou équilibrage de la charge, mais celles-ci restent fortement basées sur des architectures centralisées traditionnelles. De plus, de telles topologies hybrides montrent qu'elles sont peu utiles dans des situations extrêmes. Afin de résoudre ces problèmes, la topologie hybride isole quelques composants jugés « centraux » à l'architecture dans un anneau (figure 4.5) De cette manière ces composants sont clairement identifiés et donc plus faciles à administrer. Afin de ne pas mettre en danger l'ensemble du système en cas de panne de l'un de ces composants centraux, une certaine redondance des fonctionnalités et des connections est prévue[73].





**Figure 4.5** Architecture hybride

Comme nous venons de le voir les SIAD ont évolué vers l'Informatique décisionnelle, les SIAD intelligents ou à base de connaissances et les GDSS. Par ailleurs il est actuellement nécessaire pour des outils supportant des décisions coopératives d'intégrer une dimension de coopération. En effet, l'éclatement géographique et temporel du processus, implique une coopération entre les divers acteurs. La coopération peut être située à différents niveaux lors de la réalisation de systèmes coopératifs :

- Coopération homme/machine : est issue de l'interaction Homme / Machine.

Il s'agit en quelque sorte d'une interaction Homme / Machine enrichie. Pour les concepteurs de systèmes, le problème consiste à doter la machine de capacités supplémentaires afin de guider l'utilisateur dans son processus de résolution de problèmes. L'idée se résume ici à concevoir des interfaces adaptatives intelligentes.

- Système supportant des tâches coopératives : le problème consiste ici à développer des systèmes capables de supporter des tâches collectives impliquant une coopération entre différents acteurs.

- Système coopératif : Le système en lui-même possède des fonctionnalités capables de supporter la coopération.

Nous recensons différentes sortes des systèmes coopératifs issus de différents courants de recherche :

- Groupware,
- Les outils de Workflow,
- Systèmes Multi Agents,
- Systèmes à base de connaissance Coopératifs.

Signalons toutefois qu'il existe différentes sortes de systèmes coopératifs selon leur fonctionnalité propre. Citons par exemple sur les Systèmes d'Aide à la Négociation qui peuvent utiliser différentes sortes de technologies : les

Systèmes Multi-Agents, les Systèmes à base de Connaissance Coopératifs (voir plus de détails sur les Negotiation Support Systems : NSS voir Cellary W. et Kersten G. [2004]).





#### 4. Groupware

Les systèmes coopératifs renvoient généralement au concept de groupware mais pas uniquement. Ces travaux sont issus du courant de recherche Computer Supported Collaborative Work (CSCW). La notion de « groupware » en français collective est apparue durant les années 50.

Une définition de cette notion : Le groupware désigne l'ensemble des technologies et méthodes de travail associées qui, par l'intermédiaire de la communication électronique, permettent le partage de l'information sur un support numérique à un groupe engagé dans un travail collaboratif et/ou coopératif.

D'un point de vue technologique le groupware se situe aux frontières de l'informatique et des télécommunications. En effet des technologies issues de l'informatique ainsi que de la télécommunication sont utilisées. D'un point de vue système d'information le groupware se situe aux frontières de la bureautique et de l'informatique transactionnelle. En effet, d'un point de vue utilisateur les outils de groupware font partie de la gamme des outils de bureautique et utilisent des infocentres.

- Le groupware accompagne l'évolution de l'organisation des entreprises.
- Le groupware répond à la demande de qualité des services rendus par l'entreprise (rapidité, efficacité, ...). Le groupware permet un travail collectif au sein de groupes plus ou moins larges, distribués géographiquement et organisationnellement.

#### 5. Workflow

Il existe une grande variété de définitions pour le workflow :

Logiciels de Workflow : "Ensemble de logiciels proactifs qui permettent de gérer les procédures de travail, de coordonner les charges et les ressources et de superviser le déroulement des tâches"

Procédures : "Tout ensemble de tâches exécutées en parallèle ou en série par au moins deux membres d'un groupe pour atteindre un but commun".

Cependant dans le domaine du Workflow, il existe un certain nombre de concepts clés à définir.

Types de workflow

Dans les applications de Workflow, on distingue classiquement quatre catégories :

- workflow de production, qui correspond à la gestion des processus de base de l'entreprise. Les procédures supportent peu de changements dans le temps, et les transactions sont répétitives. On peut y trouver par exemple la production de contrats d'assurance, la gestion de litiges, la gestion de réclamations clients, etc.
- workflow administratif, qui correspond à tout ce qui est routage de formulaires, basé en général sur une infrastructure de messagerie.
- workflow ad-hoc pour la gestion des procédures non déterminées, ou mouvantes.
- workflow coopératif, gérant des procédures évoluant assez fréquemment, et liées à un groupe de travail restreint dans l'entreprise.

#### 6. Les SIAD Multi Agents

Les Systèmes Multi Agents sont apparus au début des années 1970, le concept d'agent est le pivot de ce domaine, les agents sont utilisés dans de nombreux domaines et notamment dans la conception de SIAD. L'idée est d'utiliser les agents comme moyen de mettre en œuvre des décisions distribuées. Le concept de décisions distribuées provient de plusieurs recherches en Intelligence Artificielle et consiste en la segmentation d'une tâche en différentes activités qui seront gérées par des agents travaillant en coopération.



Ainsi, les agents peuvent être une voie vers l'intégration d'un nouveau modèle décisionnel dans les SAD et donc vers la conception d'un nouveau type de SAD : les SAD Multi Agents.

## 7. Conclusion

Un système d'aide à la décision est un système d'information qui supporte la prise de décision. Cet outil est utile pour les décideurs qui sont confrontés à des circonstances complexes, exigeant des décisions fondées sur de nombreux objectifs, qui chevauchent sur de grandes superficies et sur un long horizon de temps. Au cœur d'un système d'aide à la décision, sont intégrés des modèles informatiques qui peuvent prédire ou interpréter les conséquences des différentes activités.

Dans la plupart des organisations, la grande majorité des décisions sont prises après une consultation intensive de plusieurs personnes, plus les organisations devenaient complexes moins les décisions étaient prises par des individus seuls. En effet, même si, en dernier ressort, la responsabilité d'une décision incombe à un individu clairement identifié, celle-ci est souvent la résultante d'interactions entre de multiples acteurs au cours du processus de décision. Le recours à la décision collective s'est fait sentir au sein des organisations qui se sont aperçues que les modèles de décision traditionnels adaptés au cas uni-décideur ne correspondaient plus à la réalité organisationnelle.

Dans le chapitre suivant, nous allons introduire la méthodologie multicritère d'aide à la décision en décrivant, en détails les méthodes d'analyse multicritère les plus fréquentes.



## Chapitre V

# **Outils et Méthodes d'aide à la décision : Analyse Multicritères**

## 1. Introduction

La plupart des problèmes de décision qu'ils soient économiques, industriels, financiers ou politiques sont de nature multicritère. En effet, l'utilisation d'une pluralité de critères est le signe manifeste de la complexité de ces problèmes.

L'aide multicritère à la décision se présente comme une alternative aux méthodes d'optimisation classiques basées sur la définition d'une fonction unique, souvent exprimée en terme économique (monétaire) et qui reflète la prise en compte de plusieurs critères, souvent contradictoires. L'intérêt des méthodes multicritères est de considérer un ensemble de critères de différente nature (exprimés en unité différentes). Il ne s'agit pas de rechercher l'optimum mais une solution comprise qui peut prendre diverses formes : choix, rangement ou tri.

## 2. L'Aide Multicritère à la Décision (AMCD)

Afin que les conflits, souvent graves et difficiles de l'AD aient une chance d'évoluer vers une solution, les décideurs doivent disposer de toutes les libertés, d'une part dans l'expression de leurs préférences et d'autre part dans la modification de la problématique; pour cela ils ont recours à une étude appelée **Analyse Multicritère** dont les résultats expriment de manière synthétique et concrète les intentions du décideur.

### 2.1 Définitions de l'AMCD

L'AMCD désigne un ensemble d'outils d'aide à la décision développés depuis les années 1960. Elle vise la résolution des problèmes avec plusieurs alternatives tout en considérant plusieurs critères de décision simultanément. Ces derniers sont souvent conflictuels entre eux et d'importance inégale.

1. D'après Vincke [16], *"L'analyse Multicritère est une approche constructiviste visant à fournir des outils permettant de progresser dans la résolution d'un problème où plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte ».*
2. Frédéric Doyon, la définit comme étant *"Une science technique vouée à l'éclaircissement de la compréhension d'un problème de décision et à sa résolution. Elle devient multicritère lorsque le problème comporte plusieurs objectifs conflictuels et multi décideurs lorsque plusieurs parties prenantes ont des points de vue différents sur les objectifs considérés".*

## 3. Paradigme monocritère multicritère

Avant l'apparition de l'analyse multicritère, les problèmes de décision se ramenaient le plus souvent à l'optimisation d'une seule fonction économique [9]. Cette approche avait le mérite de déboucher sur des problèmes mathématiques bien posés mais qui n'étaient pas toujours représentatifs de la réalité, car :

- La comparaison de plusieurs actions possibles se fait rarement selon un seul critère.
- Les préférences sur un critère sont, dans bien des cas, difficilement modélisables par une fonction.

## 4. Terminologie associée

Plusieurs termes sont récurrents dans le domaine de l'aide multicritère à la décision.



#### 4.1. Action

Il s'agit d'un élément qui fait l'objet de l'analyse multicritère. Les ouvrages de référence de cette discipline parlent plutôt d'**action potentielle**.

- **Action potentielle** : action provisoirement jugée possible par un des intervenants au moins ou présumée telle par l'homme d'étude en vue de l'aide à la décision [9].
- **Relation de dominance** : une action  $a_i$  domine une action  $a_k$ , si et seulement si  $g_I(a_i) \geq g_I(a_k)$  pour tout  $I$  appartenant à l'ensemble des critères  $\{1,2,3,\dots,m\}$ ,
- l'inégalité étant stricte pour un critère  $I$  au moins, où  $g_I(a_i)$  est l'évaluation de l'action  $a_i$  selon le critère  $I$  [9].
- **Action de référence** : action servant, dans la problématique  $\beta$ , de référence par rapport à laquelle les actions potentielles sont examinées. Les actions de référence servent de limites à des catégories auxquelles les actions potentielles seront affectées.

#### 4.2. Critère

Un critère est défini comme étant une expression qualitative ou quantitative permettant de juger la conséquence, désignée aussi par le terme de performance, d'une action vis à vis d'un objectif ou d'une contrainte, l'ensemble des critères  $C$  comprend  $m$  critères (de  $c_1$  à  $c_m$ ).

La performance, ou l'évaluation, de l'action  $a_i$  pour un critère  $c_j$  donné est définie par le terme  $g_j(a_i)$ . Le choix des critères doit être cohérent et doit permettre de « *faire le tour de la question* »<sup>1</sup>[12]. Cette cohérence est vérifiée si les trois conditions suivantes sont respectées :

- **Exhaustivité** : il s'agit de ne pas oublier un critère. Le test d'exhaustivité proposé par B. Roy et D. Bouyssou [14] est très simple : quand les conséquences de deux actions sont identiques pour l'ensemble des critères en présence, il doit exister une relation d'indifférence entre ces deux actions.
- **Cohérence** : il doit y avoir une cohérence entre les préférences locales de chaque critère et les préférences globales. C'est-à-dire que si une action  $a$  est égale à une action  $b$  pour tous les critères sauf un où elle lui est supérieure, ceci signifie que l'action  $a$  est globalement supérieure à l'action  $b$ .
- **Indépendance** : il ne doit pas y avoir une redondance entre les critères. Leur nombre doit être tel que la suppression d'un des critères ne permet plus de satisfaire les deux conditions précédentes.

#### 4.3. Tableau des performances

Appelé aussi matrice d'évaluation ou de jugement, il se compose des éléments suivants (**Tableau 2.1**):

- **Ensemble des actions potentielles**

$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$  avec  $A = \{a_i\}$  Pour  $i=1,2,\dots,n$

- **Ensemble des différents critères**

$g_j$ , pour  $j=1,2,\dots,m$

- **Évaluations ou jugements**

$e_{ij}$ , pour  $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$

<sup>1</sup> Doit permettre d'évaluer tous les éléments en présence.



	$g_1$ ..... $g_j$ ..... $g_m$
$a_1$	$g_1(a_1)$ ..... $g_j(a_1)$ ..... $g_m(a_1)$
.	.....
.	.....
.	.....
$a_i$	$g_1(a_i)$ ..... $g_j(a_i)$ ..... $g_m(a_i)$
.	.....
.	.....
$a_n$	$g_1(a_n)$ ..... $g_j(a_n)$ ..... $g_m(a_n)$

Tableau 5.1 Matrice d'évaluation

4.4. Relation de surclassement

Une action  $a_i$  surclasse une action  $a_k$ , notée  $a_i S a_k$ , si elle est au moins aussi bonne que  $a_k$  relativement à une majorité de critères, sans être trop nettement plus mauvaise que  $a_k$  relativement aux autres critères. [5] il est donc nécessaire de vérifier critère après critère l'ensemble des paires ordonnées, ou couples, d'actions possibles.

Les méthodes d'agrégation partielle vérifient le degré de crédibilité de cette hypothèse de surclassement  $a_i S a_k$  en se basant sur une notion de concordance (*y a-t-il suffisamment d'arguments pour admettre cette hypothèse ?*) et une notion de discordance (*y a-t-il une raison importante pour refuser cette hypothèse ?*).

4.5. Relation entre les actions

Dans le contexte des méthodes d'aide multicritère à la décision comparant deux actions  $a_i$  et  $a_k$  (méthodes d'agrégation partielle), on analyse les relations entre les actions pour un critère ou globalement pour l'ensemble des critères.

En procédant à une comparaison entre deux actions  $a_i$  et  $a_k$  sur un critère  $c_j$ , il existe trois situations relatives déterminées à partir de la différence entre les performances des actions :

$g_j(a_i) - g_j(a_k)$ , notée par  $\delta_j(a_i, a_k)$ .

- $\delta_j(a_i, a_k) > 0$  l'action  $a_i$  est préférée à l'action  $a_k$  pour le critère  $c_j$ , ce que l'on note  $a_i P a_k$ .
- $\delta_j(a_i, a_k) = 0$  l'action  $a_i$  est équivalente à l'action  $a_k$  pour le critère  $c_j$ , ce que l'on note  $a_i I a_k$ .
- $\delta_j(a_i, a_k) < 0$  l'action  $a_k$  est préférée à l'action  $a_i$  pour le critère  $c_j$ , ce que l'on note  $a_k P a_i$ .

Pour un critère  $c_j$  donné, on détermine deux indices qualifiant les relations entre les actions  $a_i$  et  $a_k$  :

1. **Indice de concordance** : qui qualifie le degré de crédibilité de la relation «  $a_i$  surclasse  $a_k$  ». cet indice est désigné par le terme  $c_j(a_i, a_k)$
2. **Indice de discordance** : qui indique pour les critères où  $a_i P a_k$  n'est pas vérifié, si le non respect de l'hypothèse de surclassement  $a_i S a_k$  n'est pas trop important. Cet indice est désigné par le terme  $d_j(a_i, a_k)$ .

En procédant à une comparaison globale sur l'ensemble  $C$  des critères, on cherche à vérifier la concordance de l'hypothèse de surclassement «  $a_i$  surclasse  $a_k$  », notée  $a_i S a_k$ .

Quatre situations relatives sont possibles :



- $a_i S a_k$  l'action  $a_i$  surclasse l'actions  $a_k$  : il y a suffisamment de critères vérifiant l'hypothèse de surclassement  $a_i S a_k$ .
- $a_i I a_k$  l'action  $a_i$  et l'action  $a_k$  sont indifférentes : on ne peut pas les départager car il y a autant d'arguments en faveur de  $a_i S a_k$  que d'arguments en faveur de  $a_k S a_i$ .
- $a_k S a_i$  l'action  $a_k$  surclasse l'action  $a_i$  : il y a suffisamment de critères vérifiant l'hypothèse de surclassement  $a_k S a_i$ .
- $a_i R a_k$  l'action  $a_i$  et l'action  $a_k$  sont incomparables : les deux hypothèses de surclassement  $a_i S a_k$  et  $a_k S a_i$  ne sont pas vérifiées.

Les relations globales, analysées sur l'ensemble des critères, entre les deux variantes  $a_i$  et  $a_k$  sont qualifiées par deux indices synthétiques:

- **Indice de concordance globale** : déterminé à partir des indices de concordances  $c_j(a_i, a_k)$  de chaque critère. Il est désigné par le terme  $C_{ik}$  et il qualifie le degré de crédibilité de la relation de surclassement  $a_i S a_k$ .
- **Indice de discordance globale** : désigné par le terme  $D_{ik}$ . Il est déterminé d'après les indices de discordance  $d_j(a_i, a_k)$  et il qualifie le non respect de l'hypothèse de surclassement  $a_i S a_k$ .

#### 4.6. Les paramètres subjectifs

Ce sont des paramètres fixés par le décideur, selon l'application et la situation traitée. Ils peuvent être classifiés en deux catégories : "**paramètres intercritères**" et "**paramètres intracritères**".

##### 4.6.1. Paramètres intercritères

Ce sont des paramètres utilisés pour évaluer l'importance relative de chaque critère, on parle souvent de **ponds**. Il s'agit d'un nombre  $p_j$   $\{j=1,2,\dots,m\}$  attribué différemment à chaque critère, selon son importance vis à vis des autres critères. Cette opération n'est pas toujours facile au décideur, l'homme d'étude peut l'aider à exprimer clairement son appréciation de l'importance relative de chaque critère.

##### 4.6.2. Paramètres intracritères

Ils formalisent pour chaque critère l'appréciation subjective de leurs valeurs. On distingue **le seuil d'indifférence, le seuil de préférence et le seuil de veto** :

###### - Seuil d'indifférence

Le seuil d'indifférence indique l'écart dans lequel aucune préférence ne peut être établie sur un critère. Ce seuil permet de tenir compte de l'imprécision et des incertitudes sur les évaluations ou sur les données.

###### - Seuil de préférence

Le seuil de préférence indique l'écart à partir duquel une préférence nette peut être établie entre deux évaluations. L'écart entre le seuil d'indifférence et le seuil de préférence indique une préférence faible entre deux évaluations.

###### -Seuil de veto

Le seuil de veto permet de fixer une notion supplémentaire. Si ce seuil est dépassé sur un critère, alors l'action ne peut être prise en considération. Il définit donc une situation intolérable pour un des décideurs. Il s'exprime par l'écart maximum acceptable autour de la valeur de l'évaluation.

#### 4.7 Agrégation multicritère

Il s'agit d'établir un modèle des préférences globales, c'est-à-dire une représentation formalisant de telles préférences relativement à un ensemble  $A$  d'actions potentielles, que l'homme d'étude juge approprié au problème d'aide à la décision [75]. Il existe, principalement, trois types d'agrégation multicritère, nous citons :





**a. Agrégation complète :** Dans cette approche d'inspiration américaine, les différents critères sont synthétisés dans une seule fonction mathématique monotone (à sens d'évaluation unique). A partir des évaluations des différents critères, la fonction d'optimisation résultante dite d'utilité ou d'agrégation, produit donc une valeur unique évaluant globalement la solution [61]. L'approche suppose que tous les jugements soient commensurables et transitifs et exclut toute incomparabilité entre deux actions. Les méthodes relevant de cette approche conviennent bien aux problèmes dont les critères sont indépendants, autrement dit, lorsque tous les critères interagissent sur la décision finale. Comme exemple de cette approche on peut citer plusieurs méthodes : MAUT (Multiple Attribute Utility Theory), UTA (Utilité Additives), AHP (Analytic Hierarchy Process), etc. [75].

**b. Agrégation partielle :** Cette approche repose sur la comparaison des actions deux à deux puis une synthèse des résultats de ces comparaisons (c'est d'ailleurs la façon de synthétiser qui diffère entre les méthodes de cette approche). Elle permet de respecter l'incomparabilité, mais au prix de la clarté des résultats. Parmi les méthodes les plus connues d'agrégation partielle, on cite les familles ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) et Prométhée. Les inconvénients de cette approche se résument dans la forme des résultats (Les réponses sont généralement complexes) et le nombre important de comparaisons entre les actions (Pour  $n$  actions, il faut effectuer  $n$  fois  $(n-1)$  comparaisons) [75].

**c. Agrégation locale :** Contrairement aux deux approches précédentes où l'on suppose que l'ensemble des actions est fini et de dimension raisonnable, cette approche s'applique à des ensembles d'actions d'une très grande dimension voire infinis lorsque les actions varient en continu. Partant d'une solution de départ, la technique permet de chercher au voisinage de cette solution s'il n'y en a pas de meilleure et ce de manière répétitive. Développées dans le cadre de la programmation mathématique aux objectifs multiples, ce type de méthode alterne les étapes de recherches des solutions et les étapes d'interaction avec les décideurs [61]. Les principales méthodes d'agrégation locale itérative existantes sont: Plm (programmation linéaire multicritère), Stem (Pop), etc. [75].

## 5. Les différentes problématiques en Aide Multicritère à la décision

Les méthodes d'analyses multicritère peuvent être distinguées ou classées en considérant, tout d'abord, le type du problème qu'elles affrontent. Dans [61] l'auteur propose quatre catégories illustrées par le tableau suivant:





Problématique	Objectifs	Résultat
<b>Alpha</b>	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 de meilleures actions ou, à défaut, des actions satisfaisantes.	Un choix ou une procédure de sélection.
<b>Bêta</b>	Eclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie, les catégories étant définies à priori en fonction de normes ayant trait à la suite à donner aux actions qu'elle sont destinées à recevoir.	Un tri ou une procédure d'affectation.
<b>Gamma</b>	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.
<b>Delta</b>	Eclairer la décision par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences.	Une description ou une procédure cognitive.

**Tableau 5.2** Les quatre problématiques de référence

## 6. Les méthodes d'aide multicritères à la décision

Les méthodes multicritères sont des outils d'aide à la décision, leur développement a débuté dans le contexte militaire depuis les années 1960 pour deux essentielles raisons [5] : L'amélioration de la gestion et la fourniture des moyens nécessaires pour les soldats. Les méthodes utilisées à l'époque sont issues du domaine de recherche opérationnelle. Ces méthodes permettaient d'optimiser une fonction tout en considérant un ensemble de contraintes prédéfinies. Par la suite, ces méthodes ont investi d'autres problématiques décisionnelles où le facteur humain a pris une dimension importante. Malheureusement, lorsque la décision concernait un système ouvert, qui intègre des dimensions de natures différentes telles qu'économique (optimisation de coût, de production) et sociale (acceptation d'un groupe, impact sur la santé, etc.), les méthodes de recherche opérationnelle ont montré certaines faiblesses auxquelles les méthodes multicritères semblent pallier. Plusieurs méthodes d'analyse multicritère existent dans la littérature, on peut citer : MAUT, ELECTRE, AHP, PROMETHEE, etc..

## 7. Démarche générale d'une méthode multicritère

Le concept d'analyse multicritère n'étant pas toujours très clair, pour la majorité des méthodes multicritères, on distingue quatre étapes principales [5].

### 7.1. Dresser la liste des actions potentielles

Au cours de cette étape, on établit une liste des actions potentielles qui vont rentrer en concurrence. Cette liste n'est pas exhaustive et définitive. Elle peut évoluer tout au long de l'étude (suppression ou ajout d'actions) [5].



La modélisation de la liste des actions potentielles doit être l'occasion pour le décideur de mieux appréhender le problème de décision en cernant le contour de l'espace des actions possibles. De plus, les choix de modélisation effectués à ce niveau affectent l'ensemble de la modélisation du processus d'aide à la décision.

### 7.2. Cerner la famille des critères

Il s'agit d'élaborer la liste des critères à prendre en considération. Un critère peut être plus important qu'un autre. Cette importance relative est exprimée par un nombre appelé poids [5].

### 7.3. Etablir la matrice des performances

Connue aussi sous le nom matrice d'évaluation ou de jugements. Comme son nom l'indique la matrice de performances est un tableau à double entrées, dans lequel chaque ligne représente une action et chaque colonne un critère. L'intersection d'une colonne  $j$  avec une ligne  $i$  représente le jugement de l'action  $i$  par rapport au critère  $j$ . Chaque action est jugée par rapport à chacun des critères.

### 7.4. Agréger les performances

Pour définir une solution (action) qui fait émerger une préférence commune, les jugements doivent être agrégés. On distingue une multitude de méthodes d'agrégations, et si elles sont si nombreuses c'est parce qu'aucune méthode ne respecte la totalité des exigences.

## 8. La famille ELECTRE

ELECTRE (**EL**imination **Et** **Choix** Traduisant la **RE**alité) est une famille de méthodes multicritères développée par Bernard Roy au début des années 1970 [61]. Il proposa, à travers ces méthodes, une nouvelle philosophie d'aide à la décision permettant de pallier aux insuffisances des méthodes existantes. Il a initié toute une série de méthodes dites de surclassement basées sur des comparaisons d'actions deux à deux. La famille ELECTRE a prouvé son efficacité, mais sans autant pouvoir dire que ceux sont les meilleures méthodes d'analyse multicritère. Les méthodes ELECTRE suivent l'approche d'agrégation partielle. Elles se basent sur les mêmes concepts fondamentaux et la même démarche méthodologique de l'analyse multicritère afin d'aboutir à une solution mais diffèrent dans leurs fonctionnements ainsi que dans le type de la problématique traitée.

### 8.1. ELECTRE I

La méthode ELECTRE I [Til, 00] relève de la problématique  $\alpha$  (procédure de sélection). Le problème est posé en terme de choix de la "meilleure" action. Dans ce but et au moyen de la relation de surclassement  $S$ , il est nécessaire d'effectuer une partition de l'ensemble  $A$  des actions potentielles en deux sous-ensembles  $N$  et  $A/N$  complémentaires tels que toute action appartenant à  $A/N$  est surclassée par au moins une action appartenant à  $N$ . Les actions-éléments de  $A/N$  sont éliminées. Les actions appartenant à  $N$  sont incomparables entre elles, ce sont les actions sélectionnées.



## 8.2. ELECTRE II

La méthode ELECTRE II [61] relève de la problématique  $\gamma$  (procédure de classement). Le point de départ d'ELECTRE II est tout à fait différent de celui d'ELECTRE I, il ne s'agit plus d'essayer de trouver la "meilleure" action, mais de classer toutes les actions de la "meilleure" jusqu'à la "moins bonne". L'approche utilisée reste toujours la même, elle est fondée sur la concordance et la discordance. Cependant, les moyens utilisés pour exprimer ces notions sont enrichis par rapport à ceux d'ELECTRE I, une autre grande nouveauté d'ELECTRE II est l'introduction de deux types de sur classements fort et faible, la méthode essaie ainsi de mieux respecter les nuances du réel.

## 8.3. ELECTRE III

La méthode ELECTRE III [61] relève de la problématique  $\gamma$  (procédure de classement) : son but est de classer les actions potentielles, depuis les "meilleures" jusqu'aux "moins bonnes". Pour se faire, Electre III traite une matrice d'évaluation contenant des actions et des pseudo critères. Les traitements de surclassement muni sur cette matrice permettront d'établir un préordre final partiel. Il y a toujours, comme dans les méthodes précédentes, une hypothèse de surclassement ainsi que les notions de concordance et de discordance. Mais d'un autre côté, apporte des évolutions remarquables :

- Le flou est introduit dans la relation de surclassement : la réflexion ne porte pas sur l'acceptation ou le rejet en bloc de l'hypothèse de surclassement, mais sur la crédibilité accordée à cette hypothèse. Ceci est traduit par la mesure du degré de crédibilité de l'hypothèse de surclassement, qui varie de 0 (surclassement certainement inexistant) à 1 (surclassement existant).
- L'introduction de la notion de préférence faible : zone intermédiaire où le décideur hésite entre la préférence et l'indifférence. Ceci est assuré à travers l'utilisation de deux seuils : seuil d'indifférence et seuil de préférence stricte. Ces seuils ont été définis de manière à tenir compte directement de l'incertitude qui entache plus au moins les valeurs de la matrice des évaluations. Aussi, un troisième seuil, le seuil de veto, est utilisé pour la concrétisation de la notion de discordance.

**1. Indice de concordance:** La somme des critères où une action est supérieure ou égale à une autre multiplié par la pondération de ce critère le tout divisé par la somme des pondérations

$$C(a, b) = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^r P_j C_j(a, b) \quad (5-1)$$

$$P = \sum_{j=1}^r P_j \quad (5-2)$$

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{si } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 1 & \text{si } g_j(a) + P_j \leq g_j(b) \\ \frac{P_j + g_j(a) - g_j(b)}{P_j - q_j} & \text{sinon} \end{cases} \quad (5-3)$$

Avec:

a,b : Deux actions ;

$p_j$  : Le poids relative au critère j ;

$g_j(a)$  : L'évaluation du critère j pour l'action a ;

j : L'indice du critère ;

p,q : Les seuils de préférence et d'indifférence.



**2. Indice de discordance :** Le maximum pondéré des écarts entre les critères défavorable à l'action étudiée par rapport à une autre action

$$d_j(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{si } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 1 & \text{si } g_j(a) + v_j \leq g_j(b) \\ \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j}{v_j - p_j} & \text{sinon} \end{cases} \quad (5-4)$$

Avec:

a,b : Deux actions ;

p<sub>j</sub> : Le poids relative au critère j ;

g<sub>j</sub>(a) : L'évaluation du critère j pour l'action a ;

j : L'indice du critère;

p,v : Les seuils de préférence et de veto.

$$S(a, b) = \begin{cases} C(a, b) & \text{Si } d_j(a, b) \leq C(a, b) \forall j \\ C(a, b) * \prod_{j \in J(a,b)} \frac{1 - d_j(a,b)}{1 - C(a,b)} & \text{Avec } J(a, b) \text{ l'ensemble des critères tel que } \\ & d_j(a, b) > C(a, b) \end{cases} \quad (5-5)$$

*Matrice de Crédibilité*

- Si l'indice de concordance > l'indice de discordance alors le degré de crédibilité= l'indice de concordance.
- Si l'indice de concordance < l'indice de discordance alors le degré de crédibilité = l'indice de concordance affaibli des indices de discordance.
- **La distillation ascendante :** range les mesures en partant de la pire jusqu'à la moins pire;
- **La distillation descendante :** range les mesures en partant de la meilleure à la moins bonne;

**Pourquoi Electre III ?**

Cette méthode possède les principales caractéristiques suivantes:

- Elle permet de considérer aussi bien des critères qualitatifs que quantitatifs.
- Elle prend en considération l'imprécision de l'évaluation des critères grâce aux notions de seuils d'indifférence et de préférence.
- Elle permet de mettre en évidence des différences inacceptables entre deux actions sur un critère par la notion du seuil de veto.
- Elle ne permet pas une compensation entre les critères.
- Elle permet de mettre en évidence des actions incomparables.
- Elle permet de fixer une pondération par acteur entrant dans le processus décisionnel.

*Critique de la méthode Electre III*

Les méthodes Electre évoluent et deviennent de plus en plus sophistiquées. Electre III en est l'exemple. Cependant sa complexité amène une exploitation de plus en plus nuancée de l'information. Ainsi l'Homme d'étude a plus de difficulté à comprendre les tenants et les aboutissants de la méthode. Un grand nombre de paramètre technique doivent être fixés.

8.4. ELECTRE IV

La méthode ELECTRE IV [76] relève aussi de la problématique γ (procédure de classement) témoigne d'une sophistication de plus en plus poussée. ELECTRE II et ELECTRE III ont, certes, inspiré cette méthode mais,



néanmoins, la plus grande originalité est qu'il n'y a plus de poids attribué à chaque critère. Ce changement fondamental est accompagné d'une grande nouveauté : l'abandon de l'hypothèse de surclassement, qui rend inutiles les notions de concordance et de discordance. **ELECTRE IV** utilise, comme **ELECTRE III**, des pseudo-critères, c'est-à-dire des critères associés à un seuil de préférence stricte et à un seuil d'indifférence. A partir de la matrice des évaluations, les actions sont comparées deux à deux. Cette comparaison s'effectue, pour chaque critère, l'une des actions par rapport à l'autre selon un cas de figure déterminé. Le nombre de fois que chaque cas de figure particulier apparaît pour l'ensemble des critères est enregistré. Des règles simples, utilisant ces chiffres, permettent d'établir des relations de surclassement entre deux actions. L'établissement de ces règles se fait de telle manière qu'aucun des critères ne soit par trop "prépondérant" ou par trop "négligeable".

### 8.5. ELECTRE TRI

La méthode ELECTRE TRI, qui relève de la problématique  $\beta$  (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 de 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. 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 action de référence.

### 8.6. ELECTRE IS

La méthode ELECTRE IS [75] relève aussi de la problématique  $\alpha$ . C'est une adaptation de ELECTRE I à la logique floue, permettant d'utiliser des pseudo-critères. Pour choisir la "meilleure" action potentielle, une partition des actions potentielles  $A$  en deux sous-ensembles doit être réalisée, comme dans ELECTRE I, c'est dans le noyau (sous-ensemble des actions non-surclassés) que se trouve la "meilleure" action. La construction de ces partitions nécessite l'utilisation de la relation de surclassement.

En effet, il est nécessaire de comparer toutes les actions, l'une par rapport à l'autre. Le résultat du calcul des degrés de crédibilité peut prendre la forme d'un graphe où chaque action est représentée par un disque et les flèches reliant l'ensemble des actions expriment le surclassement de l'action origine vers l'action cible. Les degrés de crédibilité de ce surclassement sont associés à chaque flèche.

## 9. La famille PROMETHEE

Les méthodes **PROMETHEE** sont des méthodes de suclassement qui ont été développées par **Jean Pierre Brans** et **Philippe Vincke** [61] à partir du milieu des années 56.



### 9.1. Fondements de la méthode

Les méthodes PROMETHEE se basent sur une extension de la notion de critère par l'introduction d'une fonction exprimant la préférence du décideur pour une action  $a_i$  par rapport à une autre action  $a_k$ . Pour chaque critère, le décideur est appelé à choisir une des six formes représentées ci-dessous. Les paramètres relatifs à chaque forme représentent des seuils d'indifférence et/ou de préférence. Les trois principales étapes de ces méthodes sont :

1. Sélection des critères généralisés ;
2. Détermination de la relation de sur classement ;
3. Evaluation des préférences.

Les Méthodes PROMETHEE I et II opèrent, d'une manière générale, comme suit :

- **Étape 1** : On fixe pour chaque critère, une des six formes proposées dans PROMETHEE ainsi que les paramètres qui lui sont associés.
- **Étape 2** : Pour chaque couple d'actions ( $a_i, a_k$ ); on calcule la préférence globale (degré de surclassement) de la manière suivante :

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

- **Étape 3** : Calculer les flux entrant et sortant pour chaque action  $a_i$ .

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

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

- **Étape 4** : Déterminer les 2 pré-ordres totaux et procéder au rangement des actions.
  - Le premier pré-ordre total consiste à ranger les actions dans l'ordre décroissant des  $\Phi^+$ .
  - Le second pré-ordre total consiste à ranger les actions dans l'ordre croissant des  $\Phi^-$ .
  - L'intersection des 2 pré-ordres totaux fournit le pré-ordre partiel de la méthode PROMETHEE I.

PROMETHEE II consiste à ranger les actions selon l'ordre décroissant des scores  $\Phi(a_i)$  définis comme suit :

$$\Phi(a_i) = \Phi^+(a_i) - \Phi^-(a_i)$$

Ainsi, PROMETHEE II fournit un pré-ordre total.

## 10. Les méthodes basées sur la théorie de l'utilité

### 10.1. La méthode MAUT

MAUT (MultiAttribute Utility Theory) est une méthode développée vers la fin des années 60 par Ralph Keeney et Howard Raiffa [11]. Cette théorie est exposée dans un livre complet : Décision with multiple objectives : préférences and value tradeoffs [3], et se base sur les travaux des économistes Von Neumann et Morgenstern. L'idée est assez simple : le décideur doit associer une utilité à chacune des actions considérées.

### 10.2. La méthode de la somme pondérée

Cette méthode n'est pas à proprement parler une théorie basée sur l'utilité, mais elle s'en rapproche. Le fonctionnement de cette méthode est très simple : tout se passe comme si on évaluait les élèves d'une même classe en faisant la moyenne pondérée de leurs notes.

Cette méthode propose au décideur de noter directement les différentes actions relativement à tous les critères. Le décideur doit également décider de la pondération, en prenant garde toutefois aux unités qu'il a utilisé pour





les critères [5]. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet d'obtenir un résultat numérique, et un classement complet des actions.

### 10.3 Autres méthodes

Il existe d'autres méthodes telles que AHP (Analytical Hierarchy process), MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) [5]. Ainsi que la méthode PAMSSEMI .

## 11. Comment choisir une méthode d'analyse multicritère

Il n'existe pas de méthodes d'aide multicritère à la décision parfaite et idéale pour chaque cas donné. Le choix de la méthode à utiliser est en soit une problématique qui dépend du décideur, de l'homme d'étude, des caractéristiques du projet, des actions considérées, du résultat attendu, des objectifs fixés à l'aide à la décision, etc. Au moment de choisir une méthode, il convient de [61]:

- Hiérarchiser les choix, en commençant par la problématique et le type de critère, puis la méthode, enfin la version.
- Ne pas choisir une méthode parmi les méthodes ELECTRE dès le début de l'étude; ceci n'est nécessaire que lorsque la matrice des évaluations est remplie.

Le choix d'une méthode multicritère est en lui-même un problème multicritère. A cet effet, le choix d'une méthode par rapport à une décision donnée se fait en tenant compte :

- Le type de problématique étudiée ;
- Les caractéristiques de la base de connaissance;
- Le système d'information disponible et des données traitées (biophysiques, socio-économiques) ;
- Le mode de représentation et d'évaluation des phénomènes étudiés ;
- la limite ou la portée prévue des actions étudiées.

## 12. Conclusion

Il existe différentes méthodes d'Analyse Multicritère, chacune proposant des modalités particulières, ces méthodes permettent d'améliorer le processus décisionnel où les points de vue des différentes parties prenantes d'un projet sont pris en compte.

Aujourd'hui l'aide à la décision ne peut s'appuyer exclusivement sur l'appréciation de l'expert car une part importante de l'erreur peut se produire circonstanciellement. Les systèmes d'aide à la décision s'avèrent donc d'une importance capitale notamment dans les domaines stratégiques et de haute sécurité.



# **Conclusion générale**



### Conclusion générale

La prise de décision est devenue une tâche primordiale dans n'importe quelle entreprise, surtout dans le domaine du business.

Les décisions qui influenceront grandement sur la stratégie de l'entreprise et donc sur son devenir, ne doivent pas être prises ni à la légère, ni de manière trop hâtive, compte tenu de leurs conséquences sur la survie de l'entreprise. Il s'agit de prendre des décisions fondées, basées sur des informations claires, fiables et pertinentes. Le problème est de savoir donc comment identifier et présenter ces informations à qui de droit, sachant par ailleurs que les entreprises croulent d'une part sous une masse considérable de données et que d'autre part les systèmes opérationnels « transactionnels » s'avèrent limités, voire inaptes à fournir de telles informations et constituer par la même un support appréciable à la prise de décision.

C'est dans ce contexte que les « systèmes décisionnels » ont vu le jour. Ils offrent aux décideurs des informations de qualité sur lesquelles ils pourront s'appuyer pour arrêter leurs choix décisionnels. Pour se faire, ces systèmes utilisent un large éventail de technologies et de méthodes, dont les « entrepôts de données » (Data Warehouse) représentent l'élément principal et incontournable pour la mise en place d'un bon système décisionnel.

Avec l'introduction des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), On assiste actuellement au sein des organisations à une évolution de la prise de décision et à un déplacement vers une aide à la décision collective. Cette démarche collective multiplie les solutions envisagées mais aussi les raisonnements suivis, l'interprétation des faits est différente selon chaque individu, l'avantage est double, la connaissance est multiple, c'est ce qu'on appelle « la cognition distribuée ». Le niveau de connaissance est plus élevé par rapports à chacun. Une personne seule pourrait difficilement atteindre ce niveau. Et puis, les méthodes d'analyse sont également différentes, ce qui permet d'avoir différentes visions des faits. Parallèlement au courant « systèmes interactifs d'aide à la décision », se sont donc développées des approches visant à aider des groupes pour faire émerger une solution commune (Group Décision Support System- GDSS).

Avec les progrès incessants des réseaux et télécommunications, il est aujourd'hui possible de faire travailler de façon coopérative plusieurs personnes distantes. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication, en augmentant la qualité et la fréquence des échanges entre les partenaires, favorisent l'émergence de ces collaborations puisqu'elles permettent d'assurer la cohérence des informations partagées entre les différents acteurs.



# **Bibliographie**

### Bibliographie

- [1] Adla Abdelkader : Architecture Coopérative pour L'Aide à la Décision de Groupe Distribuée, Thèse de Doctorat d'Etat 15 décembre 2007.
- [2] Alnafie Emdjed, L'Interopérabilité des SIGs : une Approche basée sur les Ontologies et les Agents (2010/2011).
- [3] F. Bégin, « *Modélisation de l'accessibilité par analyse multicritère : Application la région de Québec, 1996* », Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'université Laval pour l'obtention du grade de maître en sciences géographiques, Département de géographie, Faculté des lettres, Université Laval, Québec, 2001.
- [4] K. Bouamrane, «Un système interactif d'aide à la décision pour la régulation d'un réseau de transport urbain bimodal: Approche multi-agent et raisonnement à base de cas » », Thèse Doctorat, Département d'informatique, Université Es\_Senia, Oran, Algérie, 2006.
- [5] B.esmaa, Vers Un Système d'Aide multicritère à la décision : « une architecture client/serveur».Université d'Oran pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en informatique 2010.
- [6] Zaraté P. (1991) : « Conception et Mise en oeuvre de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision : Application à l'élaboration des plannings de repos du personnel navigant », Thèse de doctorat de l'Université Paris Dauphine (France).
- [7] M.Bekhti et M.Bekkair , Elaboration d'un SAD Multicritère de groupe base sur la théorie des jeux ,mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Informatique ,Université d'Oran,2010.
- [8] DeSanctis G. et Galuppe B. (1987) : A foundation for the study of group decision support systems. Management Science, volume 33, numéro 12, pp 1589-1609.
- [9] Yves. L. M., Pictet. J., Simos. J. D., (1994) : « *les Méthodes ELECTRE* » , Presses Polytechniques Romandes.
- [10] B.esmaa, Vers Un Système d'Aide multicritère à la décision : « une architecture client/serveur».Université d'Oran pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en informatique 2010.
- [11] D.Hamdadou , « un modèle pour la prise de décision en Aménagement du Territoire :une Approche Multicritère et une Approche de Négociation »,Thèse de Doctorat en Informatique, Université d'Oran ,2008.
- [12] S.Oufella, « Vers un système d'aide à la décision de groupe en Aménagement du Territoire »,mémoire pour l'obtention du diplôme de magister d'état en Informatique ,Université d'Oran,2009.
- [13] Roy, B. & D. Bouyssou (1993) : "Aide multicritère à la décision : méthodes et cas". Economica, Paris (France).
- [14] B. Roy, D. Bouyssou, « Aide multicritère à la décision : Méthodes et cas », Economica, Paris, 1993.
- [15] B.ROY, « Méthodologie multicritère d'aide à la décision »,Economica, 1985, p. 15
- [16] P.Vincke, « L'aide multicritère à la décision », Éditions de l'Université de Bruxelles, Bruxelles ,1989
- [17] A.Scharling, « *Pratiquer ELECTRE et Prométhée : un complément à décider sur plusieurs critères* », Lausanne,
- [18]. Simon, H. A. (1975). The new science of management decision, Prentice Hall, New Jersey.
- [19] Gorry G. et Scott Morton M. (1971) : A framework for management information systems. Sloan Management Review, volume 13 numéro 1, pp 50-70.
- [20] Klein, M. and V. Tixier (1971). SCARABEE: a data and model bank for financial engineering and research. IFIP congress, North Holland.
- [21]. "Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus." Management Science **16**(8).
- [22]Bonczek R., C. Holsapple & A. Whinston (1956): "Foundations of Decision Support System". Academic Press, New York.
- [23] Turban, E. (1995): "Decision Support and Expert Systems", Macmillan, New York (USA).
- [24]Keen, P., & M. Scott-Morton (1976): "Decision Support Systems: an organizational perspective", Addison-Wesley Publishing.
- [25] Sprague R. et Carlson E. (1977): Building Effective Decision Support Systems. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs.
- [26] Cohen, S. G. & Bailey, D. E. (1997): "What makes teams work: Group effectiveness research from the shop floor to the executive suite", Journal of Management, vol. 23, no. 3, pp. 239-290.
- [27] Kersten G.E. & Szpakowicz, S., 1994, Decision Making and Decision Aiding. Defining the Process, Its Representations, and Support, Group Decision and Negotiation, Vol. 3, No. 2, pp. 237-270.



- [28] Pomerol J.C. (1992) : « Aide à la décision et IA », L'intelligence Artificielle une discipline et un carrefour interdisciplinaire, AFIA-92, pp. 147-149.
- [29] Pomerol J.C. (1997). "Artificial Intelligence and Human Decision Making", European Journal of Operational Research, Vol. 99, pp. 3-25.
- [30]. Lévine, P. and J. Pomerol (1989). Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts, Edition Hermès.
- [31] Alter, S. L., Ed. (1956). Decision Support Systems: Current Practices and Continuing Challenges, Addison-Wesley.
- [32]; Andriole, S. J. (1977). Handbook for the design, Development, Evaluation and Application of Interactive Decision Support Systems. Princeton, NJ Petrocelli.
- [33] Keen, P. (1986). Decision Support Systems: the next decade. Decision support Systems: a Decade in Perspective. E. R. Mclean and H. G. Sol, Elsevier Science Publishers B.V. (North Holland): 221-237.
- [34] Doukidis, G. I., F. Land, et al., Eds. (1989). Knowledge-based management support systems. Chichester, Ellis Horwood Limited.
- [35] Holtzman, S. (1989). Intelligent Decision Systems, Addison Wesley.
- [36] Klein, M. and L. B. Methlie (1990). Expert Systems: A Decision Support Approach with applications in management and finance, Addison-Wesley Publishing Company.
- [37] Sage, A. P. (1991). Decision Support System Engineering. New York, Wiley.
- [38] Adelman and Leonard (1992). Evaluating decision support and expert systems. New York, Wiley.
- [39] Courbon, J.-C. et C. B. Stabell (1986). Artificial intelligence and the design of decision support systems, tutorial of the conference on economics and artificial intelligence, Aix-en-Provence.
- [40] Chabbat, B. (1997). Modélisation multiparadigme de textes réglementaires, thèse de l'Insa de Lyon.
- [41] Hansen, J. V., R. D. Meservy, et al. (1995). "Case-based reasoning application techniques for decision support." Intelligent systems in accounting, finance and management 4(2): 137-146.
- [42] Davis. G.B, Olson. M. H, Ajenstat. J, & Peaucelle. J.-L, (1986), "Systèmes d'information pour le management », Volume 1 et 2, Montréal, édition G. Vermette
- [43] Lévine, P. and J. Pomerol(1989). Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts, Edition Hermès.
- [44]: Volle. M, (2004) "Fonctionnement d'un Système Informatique d'Aide à la Décision (SIAD)", Revue des Nouvelles Technologies de l'Information (RNTI-E-2), Extraction et Gestion des Connaissances, Cepadues Editions, Paris, France.
- [45] Nachet. B, Adla. A, (2014), «Modèle Multi-Agents pour la conception de système d'aide à la décision collective », thèse de doctorat université d'oran
- [46] Fox, M. (1956). Factory modelling, simulation and scheduling in the intelligent management system. In Proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence.
- [47] Goglin, J.F. (2001): « Construction du datawarehouse », Hermès.
- [48] CODD E. F. (1970). A relational model of data for large shared data banks. Communications of the ACM, ACM, volume 13, pages 375–387.
- [49] GARDARIN G. (2003). Bases de données. Editions Eyrolles. 782 pages.
- [50] BOLY A. (2006). Fonctions d'oubli et résumés dans les entrepôts de données. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications.
- [51] CODD E. F., CODD S. B. et SALLEY C. T. (1993). Providing olap (on-line analytical processing) to user-analysts : An it mandate. Codd and Date, Codd & Date, Inc., volume 32.
- [52] Marakas G. (2003) : Decision Support Systems In the 21st Century. Second Edition, Prentice Hall.
- [53] Forgionne G., Mora M., Cervantes F. et Gerlman O. (2002) : I-DMSS : A Conceptual Architecture for the Next Generation of Decision Making Support Systems in the Internet Age. Actes de la Conférence Internationale IFIP TC8/WG8.3, Cork, Irlande, pp 154-165.
- [54] E. J. HORVITZ, J. B. BREESE, and M. HENRION. Decision theory in expert systems and artificial intelligence. In International Journal of Approximate Reasoning, number 2, pages 247–302, 1988.
- [55] Robert Kast, *La théorie de la décision*, Paris, La Découverte, coll. « Repères », 2002, ISBN 2-7071-3769-3
- [56] Eléments de théorie de la décision Bernard ESPINASSE 2009



- [57] Analyse de la décision dans le Risque 2009 Bernard ESPINASSE
- [58] Kimball the data warehouse toolki : pratical techniques dimentional data warehouses Ralph Kimball, Margy Ross july 2013
- [59] Ghomari. A,R, (2008), " Approche Méthodologique d'Acquisition de Connaissances Agrégées à base d'Agents cognitifs coopérants pour les systèmes d'aide à la décision stratégiques ", thèse de doctorat d'état, École nationale Supérieure en Informatique, Alger.
- [60] L.Y.Maystre, J.Pictet, J.Simos « Méthodes multicritères Electre », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suisse, 1994.
- [61] D.Hamdadou , « un modèle pour la prise de décision en Aménagement du Territoire :une Approche Multicritère et une Approche de Négociation »,Thèse de Doctorat en Informatique, Université d'Oran ,2008.
- [62] Grenier, C. & Moine, C. (2003). Construire le système d'information de l'entreprise. Paris :Foucher, 223 p.
- [63] Cellary W. et Kersten G. (2004) : Electronic negotiations : models, systems and agents. Journal of Decision Systems, volume 13, numéro 4, pp 371-374.
- [64] Holsapple, C. W., Whinston, et al. (1993). Recent developments in decision support systems. Berlin, New York, Springer-Verlag.
- [65]Turban E. (1993): "Decision Support and Expert Systems", Macmillan, New York (USA).
- [66]Levine et P., Pomerol M-J and Sanech R. : « Rules integrate adta in multicriteria descision system », IEEE. On systems Man and Cybernetics 20n° 3, pp 676 686
- [67] Reix, R. (2004). Systèmes d'information et management des organisations, 5<sup>ème</sup> édition. Paris: Vuibert, 487 p.
- [68] Eierman, M. A., F. Niederman, et al. (1995). "DSS theory: a model of constructs and relationships." Decision Support Systems **14**(1): 1-26.
- [69] Power, D.J., 2002. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. Greenwood Publishing Group., 272 pages.
- [70] S.Chakhar, C.Pusceddu « Un processus pour la prise de décision spatial » ROADEF'2005, France 2005.
- [71], et al. (1956). "The evolving roles of models in Decision Support Systems." Decision Sciences **11**(2).
- [72]Sprague R. et Carlson E. (1977) : Building Effective Decision Support Systems. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs.
- [73] « Aide à la Facilitation pour une prise de Décision Collective : Proposition d'un Modèle et d'un Outil », Thèse de doctorat, Human-Computer Interaction [cs. HC]. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2010. French. p13.
- [74] Lévine P. et Pomerol J.C, Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts, EditionHermès, Paris, 1989.
- [75] S.Oufella, « Vers un système d'aide à la décision de groupe en Aménagement du Territoire »,mémoire pour l'obtention du diplôme de magister d'état en Informatique ,Université d'Oran,2009.
- [76] D.Hamdadou , « un modèle pour la prise de décision en Aménagement du Territoire :une Approche Multicritère et une Approche de Négociation »,Thèse de Doctorat en Informatique, Université d'Oran ,2008.
- [77] Simon, H. A. (1975). The new science of management decision, Prentice Hall, New Jersey
- [78] Lévine, P. et J. Pomerol (1990). Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts. Edition Hermès.



# **Annexe**

Ces quelques exercices ont fait l'objet de nos examens et nos interrogations.

### Exercice 1.

Tom et Jerry se rendent ensemble sur leur lieu de travail depuis plus d'un mois. Ils peuvent emprunter soit l'autoroute, soit la nationale. Jerry préfère l'autoroute car la trouvant plus rapide, tandis que Tom a un penchant pour la nationale qu'il juge moins encombrée. Selon que le trafic sur l'autoroute soit fluide ou pas ils sont à même d'estimer le temps que prendra leur trajet. Ce temps étant de 25 mn ou de 45 mn. En empruntant la nationale, ils sont certains de mettre une demi-heure. Pendant 20 jours, ils décident de ne prendre que l'autoroute et constatent qu'elle n'a été encombrée qu'à trois reprises. On suppose que ces 20 jours sont représentatifs du futur, alors :

1. Définissez les probabilités des états de la nature dans ce cas.
2. Etablissez la matrice d'information.
3. Si Tom et Jerry décide d'appliquer le critère de Savage pour déterminer la décision optimale qu'ils doivent prendre alors que leur préconisera ce critère?

### Exercice 2.

Une association d'étudiants envisage d'organiser une manifestation afin de renflouer sa caisse. Le bureau de l'association se réunit afin de décider du type de manifestation. Deux propositions sont examinées : organiser une soirée dansante ou organiser un rallye touristique. Après étude, il apparaît raisonnable d'espérer un bénéfice net de 18 euros pour la soirée dansante. Le succès du rallye dépend des conditions météorologiques. Les membres du bureau s'accordent à considérer que le bénéfice net sera de 15 euros en cas de mauvais temps, et de 20 euros en cas de beau temps.

- 1- Formaliser le problème de décision.
- 2- Quelle est la solution optimale selon le critère de Savage ?

Une nouvelle proposition est suggérée par l'un des membres du bureau : organiser une compétition de golf. Il apparaît qu'une telle compétition pourrait être très intéressante en cas de beau temps (bénéfice net estimé à 30 euros) mais beaucoup moins en cas de mauvais temps (bénéfice net estimé à 5 euros).

- 3- Déterminer, en s'appuyant sur un tableau des regrets construits à partir des 3 solutions envisagées, la solution optimale selon le critère de Savage.
- 4- Quel phénomène curieux observe-t-on à l'issue de ces deux premières analyses ? Comment l'expliquer ?

### Exercice 3.

Le directeur d'une petite entreprise vient de commander une nouvelle extrudeuse dont la partie essentielle est constituée par une double vis qui permet le mélange et l'extrusion des matières plastiques.

Au cours de la vie économique de la machine (en général 4 ou 5 ans), il est possible que la double vis casse et doit donc être remplacée. Ceci peut se faire immédiatement si on dispose d'une double vis sur place mais entraîne un coût d'arrêt de la machine estimée à 500 euros s'il faut commander la double vis.

De plus, celle-ci sera alors facturée à 300 euros (TVAC) alors que chaque double vis supplémentaire demandée en même temps que la nouvelle machine ne coûte que 200 euros (TVAC).

Sachant que le fournisseur de l'extrudeuse signale qu'il n'est jamais arrivé qu'une double vis se casse plus de 6 fois durant 5 ans, étudier combien de double(s) vis supplémentaire(s) devrai(en)t être commandée(s) selon l'approche pessimiste en prenant comme seul point de vue le coût totale pour l'entreprise

Après 5 années d'utilisation de la nouvelle machine (sans actualisation des valeurs monétaires). Pour répondre à cette question suivez les étapes suivantes :

1. Structurer le problème, c'est à dire définir les différentes actions et les différents états de la nature Pour définir ainsi la table de décision (d'information).
2. Ranger les actions selon les approches suivantes : L'approche pessimiste, l'approche optimiste, l'approche de LAPLACE et l'approche de SAVAGE.





**Exercice 4.**

Supposez que la fonction d'utilité d'un individu soit la suivante :

$$u(w) = -ex^{-w}$$

Cet individu peut participer à une loterie lui procurant une richesse  $w_1$  ou  $w_2$  avec des probabilités égales.

1. Calculez l'équivalent certain de cette loterie pour les couples de richesse suivants : (0, 10), (10, 20), (20, 30). Que pouvez-vous en conclure ?
2. Si ce même individu avait la fonction d'utilité suivante :

$$u(w) = 5 - 0,2e - w$$

Quel serait l'équivalent certain de cette loterie pour les couples de richesse citées ? Que pouvez-vous en conclure ?

3. Est-ce que cet individu est averse au risque ? Argumentez votre réponse à l'aide de deux résultats.

**Questions de cours**

- 1) Lesquels parmi les EIS, ESS, DSS et PSS ceux qui intègrent une phase d'analyse dans leur fonctionnement ? Expliquer.
- 2) Dans le contexte d'une entreprise, quels sont les éléments qui ont suscité l'exploitation de l'informatique décisionnelle ?
- 3) Le temps et le changement ont été introduits dans la notion de processus de prise de décision en plus du choix. Expliquer.
- 4) pourquoi les heuristiques ne peuvent pas être exploitées dans un contexte décisionnel normalisé ?
- 5) Lesquels parmi les EIS, ESS, DSS et PSS ceux qui intègrent une phase d'analyse dans leur fonctionnement ? Expliquer.
- 6) La modélisation qui désire savoir comment un décideur prend une décision doit s'intéresser à la façon dont le décideur modélise le monde. Expliquer puis donner un exemple reflétant le passage souligné.
- 7) Répondre par vrai ou faux en corrigeant les passages erronés :
- 8) Un SIAD est un système homme/machine.
- 9) Un décideur optimiste est un décideur neutre face au risque.
- 10) Les buts d'une décision doivent être découverts avant le lancement du processus de la mise en œuvre de la décision.

**Exercice corrigé**

**Exercice 1**

Soit une entreprise ayant  $P_n$  politiques de production à suivre pour différents niveaux de demandes éventuels  $D_n$ . Le coût unitaire de production est de 30USD, le prix de vente unitaire est de 40USD, le gain unitaire est ainsi de 10USD et cela à une seule condition : Que la production soit vendue entièrement, si non la production serait supérieure à la demande et le reste (stock non vendu) représente une perte pour l'entreprise.

La matrice de gain de l'entreprise est la suivante (en milliers de USD) :

Evènements \ stratégies	D	2000	2200	2400	2500	2700	2770	3000
A <sub>1</sub>	2000	20	20	20	20	20	20	20
A <sub>2</sub>	2200	14	22	22	22	22	22	22
A <sub>3</sub>	2400	8	16	24	24	24	24	24
A <sub>4</sub>	2500	5	13	21	25	25	25	25
A <sub>5</sub>	2700	-1	7	15	19	27	27	27
A <sub>6</sub>	2770	-4	4	12	16	24	28	28
A <sub>7</sub>	3000	-10	-2	6	10	18	22	30





- Avec : • D : C'est le niveau de la demande exprimé en unités,
- P : C'est le niveau de la production exprimé en unités,
- Il y a 7 stratégies de production à suivre (A1 à A7),
- Chaque niveau de production correspond à une stratégie de production face à une demande qui varie de 2000 unités à 3000 unités.

1) Quelle stratégie de production doit-on choisir suivant chacun des critères suivants :

Le critère de WALD, le critère de SAVAGE, le critère de LAPLACE et le critère d'HURWICZ (pour un coefficient d'optimisme  $(\alpha = 0,7 = 70\%)$ ).

I. Dans notre exemple les gains minimums correspondent à la première colonne de la matrice de gain soit : 20, 14, 8, 5, -1, -4, -10. Parmi ces minimums de gain on doit choisir le maximum qui est 20, donc on choisit la stratégie A1 qui est la plus convenable selon WALD.

II. SAVAGE fait intervenir un autre critère appelé «critère de regret» c'est-à-dire il essaie d'analyser les résultats après leur exécution. Pour le faire SAVAGE se base sur la matrice de gain, il retient pour chaque état de la nature (niveau de demande) la décision qui assure le meilleur gain et il soustrait de chaque colonne les autres gains effectivement réalisés. Le regret est ainsi égal à la différence entre le gain réalisé et le gain le plus favorable de chaque colonne.

La matrice de regret construite à partir de la matrice de gain de est la suivante :

Stratégies	D	2000	2200	2400	2500	2700	2800	3000
	P							
A <sub>1</sub>	2000	0	2	4	5	7	8	10
A <sub>2</sub>	2200	6	0	2	3	5	6	8
A <sub>3</sub>	2400	12	6	0	1	3	4	6
A <sub>4</sub>	2500	15	9	3	0	2	3	5
A <sub>5</sub>	2700	21	15	9	6	0	1	3
A <sub>6</sub>	2800	24	18	12	9	3	0	2
A <sub>7</sub>	3000	30	24	18	15	9	6	0

SAVAGE conseille de choisir la stratégie de production qui rend minimum le regret maximum. Ainsi et en se référant à la matrice de regret, on a les regrets maximum qui sont : A1 = 10, A2 = 8, A3 = 12, A4 = 6, A5 = 21, A6 = 24, A7 = 30. Donc selon cette méthode, on doit choisir la stratégie A2 = 8 qui rend minimum le regret maximum.

III. Le critère de LAPLACE ; est le critère le plus ancien et le plus simple, il consiste à calculer la moyenne arithmétique des gains pour chaque stratégie et de retenir la stratégie qui présente la moyenne la plus élevée. En d'autres termes cette stratégie consiste pratiquement à attribuer une probabilité égale à chaque état de la nature et de retenir la stratégie qui a la moyenne la plus élevée. On aura ainsi :

$$\text{moy}(A_1) = (20+20+20+20+20+20+20)/7 = 20,00 ;$$

$$\text{moy}(A_2) = (14+22+22+22+22+22+22)/7 = 20,77 ;$$

$$\text{moy}(A_3) = (8+16+24+24+24+24+24)/7 = 20,50 ;$$

$$\text{moy}(A_4) = (5+13+21+25+25+25+25)/7 = 19,77 ;$$

$$\text{moy}(A_5) = (-1+7+15+19+27+27+27)/7 = 17,20 ;$$

$$\text{moy}(A_6) = (-4+4+12+16+24+28+28)/7 = 15,40 ;$$

$$\text{moy}(A_7) = (-10-2+6+10+18+22+30)/7 = 10,50 ;$$

On retient alors la stratégie A2 qui présente la moyenne la plus élevée.

IV. Le critère d'HURWICZ (pour un coefficient d'optimisme  $= 0,7 = 70\%$ ) :



A partir de là on calcule l'espérance mathématique de chaque stratégie de production  
chaque stratégie de production, m résultat le moins élevé de chaque stratégie de production.

$$H(A1) = 0,7 \times 20 + 0,3 \times 20 = 20,00;$$

$$H(A2) = 0,7 \times 22 + 0,3 \times 14 = 19,60;$$

$$H(A3) = 0,7 \times 24 + 0,3 \times 8 = 19,20;$$

$$H(A4) = 0,7 \times 25 + 0,3 \times 5 = 19,00;$$

$$H(A5) = 0,7 \times 27 + 0,3 \times (-1) = 18,60;$$

$$H(A6) = 0,7 \times 28 + 0,3 \times (-4) = 18,40;$$

$$H(A7) = 0,7 \times 30 + 0,3 \times (-10) = 18,00$$

On doit choisir la stratégie de production qui assure le maximum de gain c'est-à-dire la stratégie A1.

