



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

**Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique**  
**Département de Mathématiques et d'Informatique**  
**Filière : Informatique**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique  
Option : **Ingénierie des Systèmes d'Information**

THEME :

*Analyse multicritère d'aide à la décision*

Etudiant : **BOUBEKEUR Rachid**

Encadrant(e) : **BAHNES Nacera**

Année Universitaire 2016/2017

## Résumé

Le but de l'analyse multicritère est de fournir au décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution de problèmes décisionnels faisant intervenir plusieurs points de vue généralement contradictoires. En effet, que ce soit un problème de choix, de rangement ou de tri, la question centrale est toujours un problème de comparaison. Il existe plusieurs techniques et méthodes comparaison entre plusieurs alternatives, y compris la moyenne pondérée, ELECTRE, PROMETHEE etc.

**Mots clés:** Optimisation Multi-objectif, L'analyse multicritère, Méthodes l'aide de décision

## Abstract

The purpose of multicriteria analysis is to provide the decision-maker with the tools to advance decision-making problems involving several generally contradictory points of view. Indeed, whether it is a problem of choice, storage or sorting, the central question is always a problem of comparison. There are several techniques and methods comparing several alternatives, including the weighted average, ELECTRE, PROMETHEE etc.

**Keywords:** Multi-objective Optimization, Multi-criteria analysis, Decision Aid Methods

# *Dédicace*

*A mes parents.*

*A toute ma famille.*

*A tous mes amis.*

*A tous ceux qui me sont chers.*

# Remerciements

Tout d'abords, je remercie dieu tout puisons de m'avoir aidée à finir mon projet et de m'avoir guidée et donné le courage pour surmonter tous les problèmes rencontrés.

Mes remerciements vont aussi à mes parents qui m'ont soutenue et encouragée tout au long de ce travail.

Sont oublier mes frères et mes sœurs et ma femme dont les conseils précieux m'ont guidée. Je tiens à remercier particulièrement mon encadreur **Madame : BAHNES Nacera** pour son aide précieuse et pour ses encouragements, et tous ceux qui m'ont soutenue moralement. Je ne pourrais pas terminer sans exprimer un remerciement venant du plus profond du cœur à tous mes amis qui m'ont toujours soutenu pendant mes années d'étude.

*Merci à tous à toutes*



## Sommaire :

<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Optimisation Multiobjectif</b>	
<b>I.1 Introduction sur les problèmes d'optimisation</b> .....	<b>2</b>
1-1 Un problème d'optimisation .....	<b>3</b>
1-2 Un problème d'optimisation et caractéristique.....	<b>3</b>
1-3 Face à un problème d'optimisation .....	<b>4</b>
<b>I.2 Les problèmes d'optimisation mono-objectif</b> .....	<b>4</b>
2-1 Variables de décision.....	<b>4</b>
2-2 Espace décisionnel et espace objectif.....	<b>4</b>
2-3 Contraintes.....	<b>4</b>
<b>I.3 Le paradigme monocritère</b> .....	<b>4</b>
<b>I.4 Critiques du paradigme monocritère</b> .....	<b>5</b>
<b>I.5 Optimisation Multiobjectif</b> .....	<b>5</b>
5-1 Caractérisation d'un problème d'optimisation multiobjectif.....	<b>6</b>
5-2 Problèmes d'optimisation multiobjectifs.....	<b>7</b>
5-3 La multiplicité des solutions.....	<b>7</b>
5-4 Approches de résolution multiobjectif .....	<b>8</b>
<b>I.6 Utilité et utilisation de l'optimisation multi-objectif</b> .....	<b>9</b>
<b>I.7 Méthodes de résolution de problèmes multi-objectifs</b> .....	<b>9</b>
<b>I.8 Classification</b> .....	<b>9</b>
8-1 Point de vue décideur .....	<b>9</b>
8-2 point de vue concepteur .....	<b>10</b>
<b>I.9 Tableau multicritère</b> .....	<b>11</b>
9-1 Définition d'un Tableau multicritère.....	<b>11</b>
9-2 La réaliser d'un tableau multicritères.....	<b>11</b>
<b>I.10 La pondération</b> .....	<b>11</b>
<b>I.11 Signification des poids</b> .....	<b>11</b>
<b>I.12 Echelle de notation</b> .....	<b>12</b>
<b>I.13 Conclusion</b> .....	<b>13</b>
<b>Chapitre II : Les Méthodes d'aide à la décision</b>	
<b>II.1 Introduction</b> .....	<b>14</b>
<b>II.2 L'aide multicritère à la décision</b> .....	<b>15</b>
2-1 Définition.....	<b>15</b>
<b>II.3 Le critère</b> .....	<b>15</b>
<b>II.4 Difficulté d'un problème multicritère</b> .....	<b>16</b>
<b>II.5 Nature des problèmes multicritères</b> .....	<b>16</b>
<b>II.6 Les différentes problématiques multicritères</b> .....	<b>17</b>
<b>II.7 Les principales méthodes multicritères</b> .....	<b>19</b>
<b>II.8 Les différentes méthodes</b> .....	<b>20</b>

## *Sommaire*

---

<b>II.9 La Méthode ELECTRE I</b> .....	<b>20</b>
9-1 Historique.....	<b>20</b>
9-2 Principe de Méthode.....	<b>20</b>
9-3 Indice de concordance.....	<b>20</b>
9-4 Non-discordance.....	<b>20</b>
9-5 Relation de surclassement.....	<b>20</b>
9-6 Le graphe de surclassement.....	<b>21</b>
9-7 Le noyau du graphe.....	<b>21</b>
<b>II.10 Algorithme de surclassement</b> .....	<b>21</b>
<b>II.11 Les techniques de calcul</b> .....	<b>22</b>
<b>II.12 Conclusion</b> .....	<b>24</b>
 <b>Chapitre III: Etude Opérationnelle</b> .....	 <b>25</b>
<b>III .1 Introduction</b> .....	<b>25</b>
<b>III .2 Choix du langage</b> .....	<b>25</b>
2-1Présentation du langage Java.....	<b>25</b>
<b>III .3Microsoft SQL</b> .....	<b>25</b>
<b>III .4 Présentation de modèle physique des données</b> .....	<b>25</b>
4-1 Définition UML.....	<b>25</b>
4-2 Diagramme de classe.....	<b>26</b>
<b>III .5La structure de l'application</b> .....	<b>27</b>
5-1 Architecture du logiciel.....	<b>27</b>
<b>III .6 Images de l'application</b> .....	<b>28</b>
6-1 Interface de logiciel.....	<b>28</b>
6-2 Ajouter un étudiant.....	<b>29</b>
6-3 Modification de la fiche d'étudiant.....	<b>30</b>
6-4 Supprimer un étudiant.....	<b>31</b>
6-5 Ajouter et modifier et supprimer un Critère.....	<b>32</b>
6-6 Classement des étudiants.....	<b>33</b>
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>34</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>35</b>

## Sommaire

---

### Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
01	Tableau multicritère	11
02	Tableau de différentes problématiques	14

### Liste des figures

N°	Intitulé	Page
01	Les différents espaces de recherche.	7
02	Déformation d'une poutre subissant une contrainte.	8
03	Un problème multi-objectif en fonction de l'intervention du décideur	9
04	La problématique de choix ( $P.\alpha$ )	17
05	La problématique de tri ( $P.\beta$ )	18
06	La problématique du rangement ( $P.\gamma$ )	19
07	Cheminement de la relation de surclassement	21
08	Diagramme de classe	26
09	Architecture du logiciel	27
10	Interface de logiciel	28
11	Ajouter un étudiant	29
12	Modification de la fiche d'étudiant	30
13	Supprimer un étudiant	31
14	Ajouter et modifier et supprimer un Critère	32
15	Classement des étudiants	33

## Introduction générale

La plupart des institutions ont besoin d'aide jusqu'à trouver une décision, que ce soit une assistance conformément aux méthodes de la façon d'expérimenter des modèles et des procédures antérieures ou d'autres, ou en développement en fonction de plusieurs critères pour aider à la prise de décision qui sont utilisés dans de nombreux domaines, les problèmes de prise de décision sont souvent conçus pour chercher les exemples se fondent sur des méthodes mathématiques et dans de multiples problèmes par exemple dans les établissements d'enseignement supérieur (comment trier la liste des étudiants licences pour préparer Master avec plusieurs critères ?) ainsi que d'autres points. Pour résoudre ce problème, il a été proposé multicritères, qui tiennent compte de tous les points contradictoires de la méthodologie d'analyse, et l'objectif de cette dernière est de répondre à certaines méthodes quantitatives pour la prise de décisions visent également à clarifier le rôle du système assistant joué sur la prise de décision, donc j'ai utilisé dans cette mémoire la méthode ELECTRE1 pour résoudre des problèmes.

## 1 -Introduction sur les problèmes d'optimisation

Les ingénieurs se heurtent quotidiennement à des problèmes technologiques de complexité grandissante, qui surgissent dans des secteurs très divers, comme dans le traitement des images, la conception de systèmes mécaniques, la recherche opérationnelle et l'électronique. Le problème à résoudre peut fréquemment être exprimé sous la forme générale d'un problème d'optimisation, dans le quel on définit une fonction objectif, ou fonction de coût, que l'on cherche à minimiser par rapport à tous les paramètres concernés. Par exemple, dans le célèbre problème du voyageur de commerce, on cherche à minimiser la longueur de la tournée d'un "voyageur de commerce", qui doit visiter un certain nombre de villes, avant de retourner à la ville de départ. La définition du problème d'optimisation est souvent complétée par la donnée de contraintes : tous les paramètres (ou variables de décision) de la solution proposée doivent respecter ces contraintes, faute de quoi la solution n'est pas réalisable.

Il existe de nombreuses méthodes d'optimisation "classiques" pour résoudre de tels problèmes, applicables lorsque certaines conditions mathématiques sont satisfaites ainsi, la programmation linéaire traite efficacement le cas où la fonction objectif, ainsi que les contraintes, s'expriment linéairement en fonction des variables de décision. Malheureusement, les situations rencontrées en pratique comportent souvent une ou plusieurs complications, qui mettent en défaut ces méthodes : par exemple, la fonction objectif peut être non linéaire, ou même ne pas s'exprimer analytiquement en fonction des paramètres; ou encore, le problème peut exiger la considération simultanée de plusieurs objectifs contradictoires.

Pour clarifier l'analyse, on peut s'intéresser séparément à deux domaines, l'optimisation multi-objectif et l'optimisation difficile, qui mettent l'accent sur deux sources différentes de complications. Le premier domaine est traité le cas de la présence simultanée de plusieurs objectifs, tandis que le second analyse les difficultés inhérentes aux propriétés mêmes de chaque fonction objectif. Nous verrons que les deux aspects sont souvent liés en pratique.

De nombreux secteurs de l'industrie sont concernés par les problèmes d'optimisation combinatoire. En effet, que l'on s'intéresse à l'optimisation d'un système de production, au traitement d'images, à la conception de systèmes, au design de réseaux de télécommunication ou à la bio-informatique nous pouvons être confrontés à des problèmes d'optimisation combinatoire. Plusieurs problèmes ont été traités dans différents domaines :

- design de systèmes dans les sciences d'ingénieurs (mécanique, aéronautique, chimie, etc.) : ailes d'avions [Obayashi, 1998], moteurs d'automobiles [Fujita, 1998] ;
- ordonnancement et affectation : ordonnancement en productique [Shaw, 1996], localisation d'usines, planification de trajectoires de robots mobiles [Fujimura, 1996], etc.
- agronomie : programme de production agricole, etc.

L'analyse multicritères c'est un domaine importante , il donnent des outils qui permet de résoudre des problèmes .

## 1-1 Un problème d'optimisation

Un espace de recherche (de décision) : ensemble de solutions ou de configurations constituées de différentes valeurs prises par les variables de décision.

- une ou plusieurs fonction(s) dite objectif(s), à optimiser (minimiser ou maximiser).
- un ensemble de contraintes à respecter.

Dans la plupart des problèmes, l'espace d'état (décision) est fini ou dénombrable. Les variables du problème peuvent être de nature diverse (réelle, entier, booléenne, etc.) et exprimer des données qualitatives ou quantitatives. La fonction objectif représente le but à atteindre pour le décideur. L'ensemble de contrainte définit des conditions sur l'espace d'état que les variables doivent satisfaire. Ces contraintes sont souvent des contraintes d'inégalité ou d'égalité et permettent en général de limiter l'espace de recherche (solutions réalisables). La résolution optimale du problème consiste à trouver le point ou un ensemble de points de l'espace de recherche qui satisfait au mieux la fonction objectif. Le résultat est appelé valeur optimale ou optimum. Néanmoins en raison de la taille des problèmes réels, la résolution optimale s'est souvent montrée impossible dans un temps raisonnable. Cette impossibilité technique impose la résolution approchée du problème, qui consiste à trouver une solution de bonne qualité (la plus proche possible de l'optimum). Il est vital pour déterminer si une solution est meilleure qu'une autre, que le problème introduise un critère de comparaison (une relation d'ordre). La plupart des problèmes d'optimisations appartiennent à la classe des problèmes NP-difficile classe où il n'existe pas d'algorithme qui fournit la solution optimale en temps polynomial en fonction de la taille du problème et le nombre d'objectifs à optimiser. Dans la littérature il existe des problèmes académiques utilisés comme des benchmarks : sac à dos, voyageur de commerce, ... et des problèmes réels (applications industrielles) : télécommunications, transport, environnement, ...

## 1-2 Le problème d'optimisation et caractéristique

le domaine des variables de décision : soit Continu et on parle alors de problème continu, soit discret et on parle donc de problème combinatoire

- la nature de la fonction objectif à optimiser : soit linéaire et on parle alors de problème linéaire, soit non linéaire et on parle donc de problème non linéaire
- le nombre de fonctions objectifs à optimiser : soit une fonction scalaire et on parle alors de problème mono-objectif, soit une fonction vectorielle et on parle donc de problème multi-objectif
- la présence ou non des contraintes : on parle de problème sans contrainte ou avec contrainte
- sa taille : problème de petite ou de grande taille
- l'environnement : problème dynamique (la fonction objectif change dans le temps).

## 1-3 Face à un problème d'optimisation

Elaborer un modèle (mathématiques) : l' expression de l' objectif à optimiser et les contraintes à respecter.

- Développer un algorithme de résolution.
- Evaluer la qualité des solutions produites.

## 2- Les problèmes d'optimisation mono-objectifs

Lorsqu'un seul objectif (critère) est donné, le problème d' optimisation est mono-objectif. Dans ce cas la solution optimale est clairement définie, c' est celle qui a le coût optimal (minimal,maximal). De manière formelle, à chaque instance d' un tel problème est associé un ensemble  $\Omega$  des solutions potentielles respectant certaines contraintes et une fonction d' objectif  $f : \Omega \rightarrow \Psi$  qui associe à chaque solution admissible  $s \in \Omega$  une valeur  $f(s)$ . Résoudre l' instance  $(\Omega, f)$  du problème d' optimisation consiste à trouver la solution optimale  $s^* \in \Omega$  qui optimise (minimise ou maximise) la valeur de la fonction objectif  $f$ . Pour le cas de la minimisation : le but est de trouver  $s^* \in \Omega$  tel que  $f(s^*) \leq f(s)$  pour tout élément  $s \in \Omega$ . Un problème de maximisation peut être défini de manière similaire.

### 2-1 Variables de décision

Elles sont regroupées dans le vecteur  $\vec{x}$ . C' est en faisant varier ce vecteur que l' on recherche un optimum de la fonction  $f$ .

### 2-2 Espace décisionnel et espace objectif

Deux espaces Euclidiens sont considérés en optimisation :

- L' espace décisionnel, de dimension  $n$ ,  $n$  étant le nombre de variables de décision. Cet espace est constitué par l' ensemble des valeurs pouvant être prises par le vecteur de décision.
- L' espace objectif : l' ensemble de définition de la fonction objectif, généralement défini dans  $\mathbb{R}$ . La valeur dans l' espace objectif d' une solution est appelée coût, ou fitness.

### 2-3 Contraintes

Dans la plupart des problèmes d' optimisation, des restrictions sont imposées par les caractéristiques du problème. Ces restrictions doivent être satisfaites afin de considérer une solution acceptable. Cet ensemble de restrictions, appelées contraintes, décrit les dépendances entre les variables de décision et les paramètres du problème. On formule usuellement ces contraintes  $c_j$  par un ensemble d' inégalités, ou d' égalités de la forme suivante :

$$c_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0.$$

## 3-Le paradigme monocritère

Le paradigme monocritère apparaît donc comme un problème d' optimisation, et son avantage est de donner lieu à un problème clairement posé. Tous les problèmes classiques de la recherche opérationnelle, établis progressivement depuis 1937, sont de ce type. Citons notamment la programmation linéaire, non linéaire, dynamique, la théorie des graphes et des réseaux, l' optimisation combinatoire, la théorie des jeux, les problèmes de localisation, les

problèmes de transport, la théorie de file d'attente, la gestion des stocks, les problèmes d'ordonnancement, la gestion de la production,...

Le paradigme monocritère implique que la modélisation des préférences se fasse au moyen d'un critère qui synthétise à lui seul tous les objectifs du décideur, toutes les conséquences de la décision.

Cette approche est bien adaptée au traitement de certains problèmes techniques, mais présente toute fois de gros inconvénients dans un grand nombre de cas, surtout où le facteur humain intervient [Mintzberg, H 1993].

pour bien illustrer le fait que les problèmes monocritère ne sont pas adaptés aux traitements de la réalité humaine, considérons l'exemple suivant:

considérons un individu qui doit acheter une nouvelle voiture. S'il ne raisonnait que suivant un seul critère et ne s'intéressait qu'au coût de l'achat (car lorsqu'on ne s'intéresse qu'à un seul critère, c'est souvent l'aspect financier qui l'emporte), il roulerait avec la voiture la moins chère sur le marché, or on sait que la réalité est tout autre: on voit toutes sortes de voitures dans les rues, de la moins chère à la plus onéreuse: le chef d'entreprise préférera avoir la voiture la plus confortable et la plus voyante sans vraiment faire attention au prix, le chef de famille voudra un véhicule pratique et assez grand pour emmener toute sa famille, tandis que l'étudiant se contentera de la voiture la moins chère, pourvu qu'elle fonctionne.... Cela ne peut s'expliquer que par la prise en compte, dans la tête de chaque individu, d'autres critères en plus du pécuniaire: le confort sous tous ses aspects, la satisfaction personnelle, l'impression produite sur autrui, et ainsi de suite.

#### **4- Critiques du paradigme monocritère**

Les critiques principales de l'approche monocritère pour un problème de décision sont les suivantes:

- Ne pas tenir compte de la situation d'incomparabilité qui pourtant est une caractéristique bien humaine. Il est en effet fréquent que, comparant deux actions potentielles, un décideur ne parvienne pas à dire laquelle il préfère.
- Ne pas considérer qu'il existe des cas où l'indifférence est intransitive. Sous ces hypothèses, la relation caractéristique est donc supposée complète et transitive, ce qui implique qu'un problème monocritère sera toujours représenté par une structure de préordre total. Pour pallier à ces hypothèses qui semblent trop fortes pour pouvoir modéliser un problème dans lequel le facteur humain apparaît, nous introduisons ici un modèle multicritère. [Perny P, 1998]

#### **5- Optimisation multi-objectif**

La principale difficulté que l'on rencontre en optimisation mono-objectif vient du fait qu'emodéliser un problème sous la forme d'une équation unique peut être une tâche difficile, avoir comme but de se ramener à une seule fonction objectif peut aussi biaiser la modélisation.

L'optimisation multi-objectif autorise ces degrés de liberté qui manquaient en optimisation mono-objectif. Cette souplesse n'est pas sans conséquences sur la démarche à suivre pour chercher un optimum à notre problème enfin modélisé. La recherche ne nous donnera plus une solution unique mais une multitude de solutions. Ces solutions sont appelées solutions de Pareto et l'ensemble de solutions que l'on obtient à la fin de la recherche est la surface de compromis.

C'est après avoir trouvé les solutions du problème multi-objectif que d'autres difficultés surviennent : il faut sélectionner une solution dans cet ensemble. La solution qui sera choisie par l'utilisateur va refléter les compromis opérés par le décideur vis-à-vis des différentes fonctions objectif.

Le décideur étant "humain", il va faire des choix et l'un des buts de l'optimisation multi-objectif va être de modéliser les choix du décideur ou plutôt ses préférences. Pour modéliser ces choix, on pourra s'appuyer sur deux grandes théories :

- la théorie de l'utilité multi-attribut [Keeney et al. 93]
- la théorie de l'aide à la décision [Roy et al. 93]

Ces deux théories ont des approches différentes.

La première approche va chercher à modéliser les préférences du décideur, en postulant qu'implicitement chaque décideur cherche à maximiser une fonction appelée fonction d'utilité, cette approche n'accepte pas qu'il y ait, en fin de sélection, des solutions ex-aequo.

La seconde approche, elle, va chercher à reproduire le processus de sélection du ou des décideurs. Pour cela, on s'appuiera sur des outils permettant d'opérer des sélections de solutions parmi un ensemble de solutions. Cette approche accepte que l'on obtienne des solutions ex-aequo.

L'autre difficulté à laquelle on sera confronté avant d'effectuer une optimisation sera la sélection de la méthode d'optimisation. En effet, on peut répartir les méthodes d'optimisation multi-objectif en trois grandes familles. Ces familles sont définies en fonction de l'instant où l'on prend la décision d'effectuer ou non un compromis entre fonctions objectif. Nous avons les familles suivantes :

- Les méthodes d'optimisation a priori :

Dans ces méthodes, le compromis que l'on désire effectuer entre les différentes fonctions objectif a été déterminé avant l'exécution de la méthode d'optimisation, pour obtenir la solution de notre problème, il suffira de faire une et une seule recherche et en fin d'optimisation, la solution obtenue reflètera le compromis que l'on désire effectuer entre les fonctions objectif avant de lancer la recherche.

Cette méthode est intéressante dans le sens où il suffit d'une seule recherche pour trouver la solution. Cependant, il ne faut pas oublier le travail de modélisation du compromis qui a été effectué avant d'obtenir ce résultat.

### **5-1 Caractérisation d'un problème d'optimisation multi-objectif**

Un problème d'optimisation multi-objectif (PMO), ou multicritère, consiste à optimiser plusieurs fonctions-objectif simultanément. Les objectifs de l'optimisation sont, en général, partiellement antagonistes.

En allocation d'actifs, l'exemple le plus classique est celui de l'optimisation du rendement et la volatilité : on cherche à augmenter le rendement tout en diminuant la volatilité. Mais, le long de la frontière efficiente [Markowitz, 1952], une amélioration du rendement entraîne une dégradation de la volatilité, et vice-versa. Ce conflit lors de l'optimisation des fonctions-objectif se traduit par le fait qu'il n'existe pas systématiquement de solution optimale du point de vue des deux critères.

Ce sont ces solutions compromises qui sont recherchées quand il s'agit de résoudre un problème

d'optimisation multi-objectif. En pratique, un certain nombre de contraintes doivent être satisfaites par les candidats au problème d'optimisation.

### 5-2 Problèmes d'optimisation multi-objectifs

Un problème d'optimisation avec objectifs multiples peut être représenté par le programme suivant :

Celui-ci s'écrit de la manière suivante :

$$\text{Minimiser : } \vec{f}(x)$$

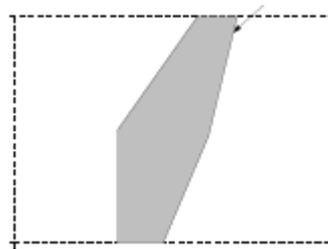
$$\text{avec } \vec{g}(x) \leq 0$$

$$\text{et } \vec{h}(x) = 0$$

$$\text{ou } x \in R^n, \vec{f}(x) \in R^k, \vec{g}(x) \in R^m \text{ et } \vec{h}(x) \in R^p$$



L'espace de recherche



L'espace des valeurs réalisables

Figure 1 – Les différents espaces de recherche

### 5-3 La multiplicité des solutions

Lorsque l'on cherche à obtenir une solution optimale à un problème d'optimisation multi-objectif donné, on s'attend souvent à trouver une solution et une seule. En fait, on rencontre rarement. La plupart du temps, on trouve une multitude de solutions, du fait que certains des objectifs sont contradictoires. [Coello et al. 99]

En effet, si l'on prend l'exemple du dimensionnement d'une poutre devant supporter une charge donnée, on va vouloir obtenir une poutre de section la plus petite possible, produisant la plus petite déformation possible, lorsque la charge repose sur le milieu de la poutre. Dans cet exemple (représenté à la figure 2), de manière intuitive, on s'aperçoit que répondre à l'objectif "poutre de petite section" ne va pas du tout dans le sens de répondre à l'objectif "petite déformation" pour la modélisation mathématique de ce problème).

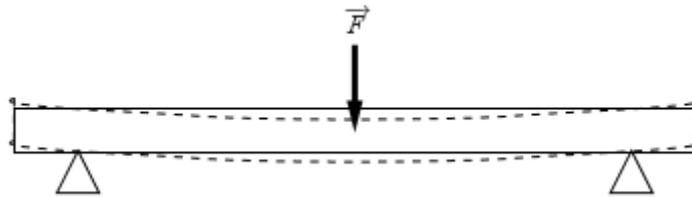


Figure 2 – Déformation d'une poutre subissant une contrainte.

Donc, quand on résoudra un problème d'optimisation multi-objectif, on obtiendra une grande quantité de solutions. Ces solutions, comme on peut s'en douter, ne seront pas optimales, au sens où elles ne minimiseront pas tous les objectifs du problème.

Un concept intéressant, qui nous permettra de définir les solutions obtenues, est le compromis.

En effet, les solutions que l'on obtient lorsque l'on a résolu le problème sont des solutions de compromis. Elles minimisent un certain nombre d'objectifs tout en dégradant les performances sur d'autres objectifs.

### 5-4 Approches de résolution multi-objectif

La résolution de problèmes multi-objectifs relève de deux disciplines assez différentes. En effet, résoudre un problème multi-objectif peut être divisé en deux phases :

-la recherche des solutions de meilleur compromis

c'est la phase d'optimisation multi-objectif.

-le choix de la solution à retenir :

c'est la tâche du décideur qui parmi l'ensemble des solutions de compromis, doit extraire celle(s) qu'il utilisera, on parle alors ici de décision multi-objectif et cela fait appel à la théorie de la décision.

Dans le cadre de ce mémoire nous ne parlerons que de la première phase qui consiste en la recherche des solutions de meilleurs compromis. Dans les différentes publications, nous rencontrons deux classifications différentes des approches de résolution de problèmes multi-objectifs. Le premier classement adopte un point de vue décideur, les approches sont classées en fonction de l'usage que l'on désire en faire. Le deuxième classement adopte un point de vue concepteur, les approches sont triées de leur façon de traiter les fonctions objectives. Ainsi avant de se lancer dans la résolution d'un problème multi-objectif, il faut se poser la question du type d'approche de résolution à utiliser.

## 6-Utilité et utilisation de l'optimisation multi-objectif

Il est possible de s'interroger sur l'utilité de l'optimisation multi-objectif. Le but ici n'est pas de donner une réponse absolue mais de donner deux éléments de réponse. Le premier consiste à poser la question : tous les problèmes peuvent-ils se limiter à un seul objectif ? La réponse est clairement non. Pour illustrer cela, considérons un problème classique : le problème d'élaboration de tournées de véhicules avec capacité. Il s'agit de trouver un ensemble de tournées partant d'un dépôt pour une flotte de véhicules définis par une capacité pour aller répondre à des demandes de clients. La demande totale étant plus grande que la capacité d'un véhicule, il est nécessaire de séparer les clients en plusieurs tournées et de les attribuer aux véhicules.

L'objectif classique est la minimisation de la somme des longueurs des tournées. Si on s'intéresse à une équité entre les conducteurs via l'équilibre en termes de distance

## 7-Méthodes de résolution de problèmes multi-objectifs

Résoudre un problème d'optimisation multi-objectif revient à chercher l'ensemble des compromis optimaux du problème. Deux processus distincts sont imbriqués au sein de la méthode de résolution : les processus de recherche et de prise de décision.

Avant de se lancer dans la résolution du problème multi-objectif, il faut se poser la question du type d'approche à utiliser. Selon [Mahdi, 2007], il y a deux classifications différentes des approches de résolution de problèmes multi-objectifs :

- 1- Le premier classement adopte un point de vue décideur, les approches sont classées selon la manière dont sont combinés les processus de recherche et de prise de décision.
- 2- Le deuxième classement adopte un point de vue concepteur, les approches sont triées selon leur façon de traiter les fonctions-objectifs.

## 8-Classification

### 8-1 Point de vue décideur

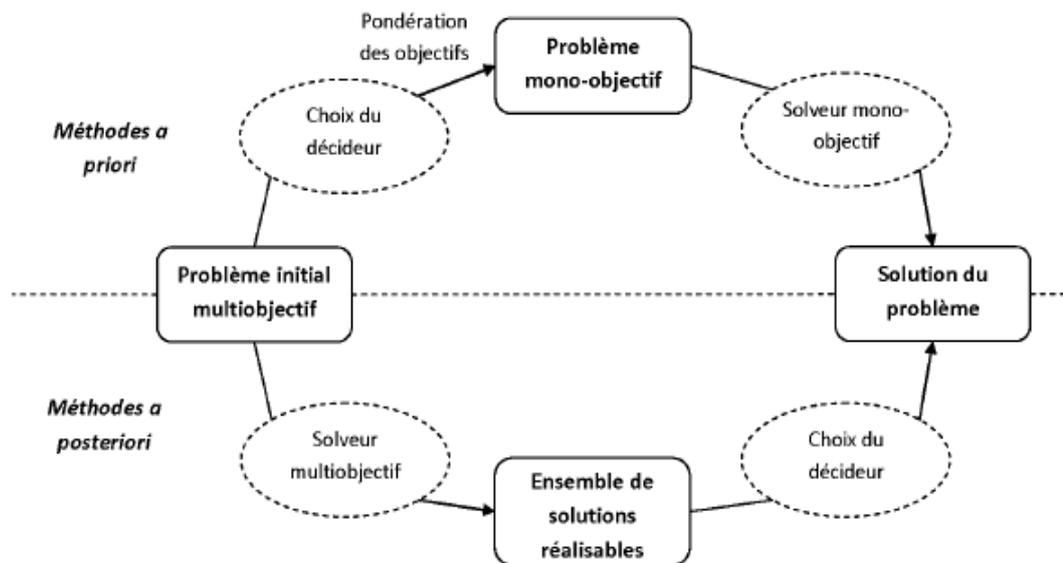


Figure 3 – Un problème multi-objectif en fonction de l'intervention du décideur

On distingue à cet égard trois schémas possibles. Soit le décideur intervient dès le début de la définition du problème, en exprimant ses préférences, afin de transformer un problème multi-objectif en un problème simple objectif. Soit le décideur effectue son choix dans l'ensemble des solutions proposées par le solveur multi-objectif :

– les approches a priori : le décideur intervient en aval du processus d'optimisation, pour définir la fonction d'agrégation modélisant le compromis que l'on désire faire entre les différents objectifs. Dans ce cas le décideur est supposé connaître a priori le poids de chaque objectif afin de les mélanger dans une fonction unique. Cela revient à résoudre un problème mono-objectif. Cependant dans la plupart des cas, le décideur ne peut pas exprimer clairement sa fonction d'utilité, parce que les différents objectifs sont non commensurables (exprimés dans des unités différentes).

– les approches interactives : combinent de manière cyclique et incrémentale les processus de décision et d'optimisation. Le décideur intervient de manière à modifier certaines variables ou contraintes afin de diriger le processus d'optimisation. Le décideur modifie ainsi interactivement le compromis entre ses préférences et les résultats. Cette approche permet donc de bien prendre en compte les préférences du décideur, mais nécessite sa présence tout au long du processus de recherche.

– les approches a posteriori : cherche à fournir au décideur un ensemble de bonnes solutions bien réparties. Il peut ensuite, au regard de l'ensemble des solutions, sélectionner celle qui lui semble la plus appropriée. Ainsi, il n'est plus nécessaire de modéliser les préférences du décideur (ce qui peut s'avérer être très difficile), mais il faut en contrepartie fournir un ensemble de solutions bien réparties, ce qui peut également être difficile et requérir un temps de calcul important (mais ne nécessite pas la présence du décideur).

Nous nous placerons dans le cadre de cette troisième famille de méthodes où la modélisation des préférences n'est pas requise et où le procédé d'optimisation doit être puissant afin de fournir une très bonne approximation de la frontière Pareto.

### 8-2 Point de vue concepteur

Ce classement adopte un point de vue plus théorique articulé autour des notions d'agrégation et d'optimum Pareto. Les approches utilisées pour la résolution de problèmes multi-objectifs peuvent être classées en deux catégories [Barichard, 2003] : les approches non Pareto et les approches Pareto

– Les approches non Pareto ne traitent pas le problème comme un véritable problème multi-objectif. Elles cherchent à ramener le problème initial à un ou plusieurs problèmes mono-objectifs.

– Les approches Pareto ne transforment pas les objectifs du problème, ceux-ci sont traités sans aucune distinction pendant la résolution.

– Les approches non Pareto sont classées en deux catégories : les approches scalaires, qui transforment le problème multi-objectif en problème mono-objectif et les approches non scalaires, qui gardent l'approche multi-objectif, mais en traitant séparément chacun des objectifs.

- Les approches scalaires «ces approches sont de type a priori»

À l'origine, les problèmes multi-objectifs étaient transformés en problèmes mono-objectifs.

Plusieurs approches différentes ont été mises au point pour transformer les problèmes multi-objectifs en problèmes mono-objectifs : les approches agrégées, programmation par but, et les approches  $\varepsilon$ -contraintes, etc.

- Approche d'agrégation : c'est une des premières approches utilisée pour résoudre les problèmes multi-objectifs [Ishibuchi, 1998]. Elle consiste à transformer un problème multi-objectif en un problème mono-objectif, en définissant une fonction objectif unique  $F$  comme étant la somme pondérée de différentes fonctions objectives du problème initial. En affectant à chaque objectif un coefficient de poids qui représente l'importance relative que le décideur attribue à l'objectif.

### 9-Tableau multicritère

#### 9-1 Définition d'un Tableau multicritère

C'est un tableau à double entrée permettant de comparer facilement différentes propositions.

		Proposition 1		Proposition 2		Proposition 3	
Critère 1	Poids	Valeur	Score	Valeur	Score	Valeur	Score
Critère 2	Poids	Valeur	Score	Valeur	Score	Valeur	Score
Critère 3	Poids	Valeur	Score	Valeur	Score	Valeur	Score

TAB. 1 – Tableau multicritère

#### 9-2 La réalisation d'un tableau multicritères

En ordonnée : les critères de choix, auxquels est assorti un "poids" en fonction de l'importance qu'on leur accorde. [Partoune et Quoilin 2002].

En abscisse : une colonne pour chacun des éléments entrant dans la comparaison.

### 10-La pondération

Pouvoir pondérer, seul ou en groupe, un ensemble d'éléments est une activité très fréquente en gestion de projet [COU98], notamment en management par la valeur. Les conséquences de ces pondérations sont souvent considérables car ces dernières interviennent, la plupart du temps, dans les processus de décision des entreprises. Le caractère contingent, limité dans le temps et non répétitif à l'identique d'un projet amplifie le risque lié à la prise de décision.

### 11-Signification des poids

Le sens donné aux poids, notamment par la manière dont ils seront utilisés, peut avoir une influence non négligeable sur l'appréciation des rapports d'importance. Lorsque les poids expriment la manière selon laquelle une même ressource (ex : budget) doit être répartie sur différents éléments (ex : tâches), ils sont destinés à être les coefficients multiplicateurs d'une même quantité (la ressource en question). L'appréciation des rapports d'importance est alors relativement claire. Elle est en revanche plus sensible lorsque les éléments à pondérer sont des

critères ou des objectifs destinés à la notation d'un ensemble d'alternatives. Les poids seront alors multiplicateurs de performances mesurées sur des échelles qui peuvent être de nature différente puisque associées à des critères ou à des objectifs différents. En fonction du mode d'agrégation de ces performances pondérées, les différences d'échelle peuvent avoir une incidence non négligeable sur l'appréciation des rapports d'importance.

Prenons le cas de la pondération d'un ensemble de critères intervenant dans le calcul d'une note moyenne. Si la formule d'agrégation est de type somme pondérée, l'estimation d'un rapport d'importance entre deux critères est homogène à un taux d'échange pondéré par un rapport d'échelles. Si au contraire la formule d'agrégation est de type produit pondéré (moyenne), les rapports d'importance entre critères ne sont pas sensés prendre en compte les différences au niveau des échelles de mesure. [ROY85] ou [DUB94\*]

### **12-Echelle de notation**

Dans la littérature, différentes échelles de notation sont proposées pour l'estimation de l'importance relative de deux éléments. Elles relient, le plus souvent, différents degrés linguistiques d'importance à des ordres de grandeur numériques. C'est par exemple le cas de l'échelle proposée par Saaty [SAA77] pour estimer un rapport d'importance.

L'échelle proposée comporte 9 échelons pour décrire différentes nuances allant d'une égale importance et pour faciliter, nous n'adoptons pas d'échelle de notation particulière sur l'intervalle de définition des comparaisons binaires. Ceci dit, il est toujours possible d'utiliser une échelle, comme passerelle, pour traduire des données d'entrée linguistiques, provenant des décideurs, sous une forme numérique.

Exemple de critères de choix avec leur poids :

pour passer les étudiants diplômés licence master, il est basé sur des critères suivants :

- les moyennes des étudiants (4)
- la session (2)
- la répétition (2)

En regard de chaque critère, une valeur est attribuée à chaque élément. Elaborer la règle des valeurs en choisissant des extrêmes appropriés (de 0 à 10 permettra plus de nuances que de 0 à 3, mais n'est peut-être pas pertinent).

Pour obtenir le score total, multiplier chaque valeur par le poids du critère considéré et faire la somme des scores partiels pour chaque élément.

-Exemple : échelle de valeurs de 0 à 5

0 = tout à fait insatisfaisant

1 = très insatisfaisant

2 = insatisfaisant

3 = acceptable

4 = assez satisfaisant

5 = tout à fait satisfaisant

### **13- Conclusion**

Pendant longtemps, les approches de résolution multi-objectif consistaient principalement à les transformer en problèmes mono-objectifs. Parmi ces méthodes se trouvent les méthodes d'agrégation, les méthodes contrainte, et les méthodes de programmation par but. La transformation du problème multi-objectif en un problème mono-objectif nécessite des connaissances a priori sur le problème traité. De plus, ces approches modifient la structure du problème combinatoire qui perd ainsi ses éventuelles propriétés remarquables. L'optimisation du problème mono-objectif peut garantir l'optimalité de la solution trouvée, mais n'en trouve qu'une seule. Dans les situations réelles, les décideurs ont généralement besoin de plusieurs alternatives, La connaissance de plusieurs solutions optimales est utile aussi pour une utilisation future.

## 1-1 Introduction

L'aide multicritère à la décision est un nouveau monde de concepts, d'approches, de modèles et de méthodes qui visent à aider le gestionnaire (le décideur) à décrire, évaluer, ranger, choisir ou rejeter un ensemble d'actions, pouvant être exercées sur des candidats, des produits ou des projets. Cet exercice est basé sur l'évaluation à l'aide de notes (scores), de valeurs, d'intensité de préférence, en fonction d'un ensemble de critères. Ces derniers peuvent représenter divers aspects tels que: les objectifs, les buts, les cibles, les valeurs de préférence, les degrés d'aspiration et les fonctions d'utilité.

Il existe une approche pour obtenir un ensemble de solutions, qui repose sur l'établissement d'une relation d'ordre entre les différents éléments. Ainsi, on peut, en fonction de la relation d'ordre définie, obtenir un ensemble de solutions (relation d'ordre partiel) ou une et une seule solution (ordre complet). L'autre différence majeure, par rapport aux méthodes d'optimisation multi-objectif "classiques", vient du fait que les méthodes d'aide à la décision ne travaillent que sur des ensembles discrets de points (les méthodes d'optimisation multi-objectif "classiques" peuvent travailler, elles, sur des ensembles continus).

De plus, les méthodes d'aide à la décision permettent de répondre à plusieurs problématiques, réunies dans le tableau 1.

Problématique	Résultat	Procédure
Choix d'un sous-ensemble des actions les "meilleures" ou, adéfaut, les plus "satisfaisantes".	Choix	Sélection
Tri par affectation des actions à des catégories prédéfinies.	Tri	Affectation
Rangement de classes d'équivalence composées d'actions, ces classes étant ordonnées de façon complète ou partielle.	Rangement	Classement

TAB. 2 – Les différentes problématiques.

L'aide à la décision nous propose donc une prise en compte de ces propriétés d'intransitivité des relations d'ordre, et elle nous propose aussi des familles de méthodes destinées à résoudre des problématiques différentes (Sélection, Tri, Rangement) de celles traitées par l'optimisation multi-objectif classique.

Lorsque l'on est confronté au domaine de l'aide à la décision, on remarque un certain nombre de termes redondants :

- action,
- classement,
- ordre complet ou partiel.

Une "action" désigne un objet, une décision, un candidat ou autre chose encore. C'est surcette entité que va s'opérer la sélection (ou le tri, ou le classement).

Une méthode d'aide à la décision va donc permettre de choisir la meilleure action, ou de classer des actions en fonction d'un ou plusieurs critères.

En fonction du type de classement que l'on désirera effectuer, on pourra utiliser différents types de règles de classement ou de choix.

## 2- L'aide multicritère à la décision

### 2-1 Définition

Philippe Vincke a défini l'aide multicritère ainsi: "L'aide multicritère à la décision vise, comme son nom l'indique, à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision à plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte. [Serge Bellut, 2002]

Pour Bouyssou, l'argument réaliste selon lequel la réalité étant multidimensionnelle, il est naturel que l'on prenne en compte plusieurs points de vue pour aider à la décision et donc qu'on utilise des méthodes multicritères, ne peut à lui seul justifier d'adopter une démarche multicritère pour aider à la décision. Utiliser un tel argument conduirait à voir le monocritère comme un cas limite et dégénéré du multicritère. [Simon H, 1982]

L'aide multicritère à la décision œuvre à apporter un éclairage et des explications à une catégorie de problèmes où:

- Plusieurs critères quantitatifs et qualitatifs sont pris en considération; - Ces critères sont souvent hétérogènes;
- Ces critères sont généralement conflictuels; - Ces critères sont généralement considérés d'inégale importance. [Simon Herbert A, 1983]

### 3-Le critère

Un critère est une fonction  $g$ , définie sur l'ensemble des actions  $A$ , qui prend ses valeurs dans un ensemble totalement ordonné, et qui représente les préférences de l'utilisateur selon un point de vue. [Vincke 89]

Aider à décider, c'est avant toutes choses, aider à clarifier une situation afin de faire comprendre au décideur quelles sont ses préférences, à ce niveau, le concept-clé est celui du critère Selon [Roy93] :

"Pour l'essentiel, un critère vise à résumer, à l'aide d'une fonction, les évaluations d'une action sur diverses dimensions pouvant se rattacher à un même "axe de signification", ce dernier étant la traduction opérationnelle d'un "point de vue" au sens usuel du terme"

En d'autres termes, un critère est une fonction à valeurs réelles définie sur l'ensemble des actions potentielles afin de pouvoir décrire le résultat de la comparaison de deux actions  $a$  et  $b$  de fonder la proposition :

$$f_b \geq f_a \Rightarrow b S_f a$$

Où  $S_f$  est une relation binaire signifiant "au moins aussi bon que", relativement au critère  $f$ . Nous reviendrons sur ce point dans la section .

Dans un problème d'aide à la décision, la liste des critères que l'on prend en compte (la famille de critères) est étroitement liée au décideur et à son échelle des valeurs. En effet, lorsqu'il porte une attention particulière ou nulle à un aspect de la question, ce dernier se retrouvera dans la famille de critère ou non, cela ouvrant sur un problème de subjectivité du choix des critères [Vincke 89].

Par exemple, la moyenne d'un élève est un critère pouvant servir à déterminer la valeur de l'élève.

#### 4- Difficulté d'un problème multicritère

La plupart des décisions qui font l'objet d'études multicritères sont de nature complexe et leurs conséquences sont importantes et stratégiques. L'aspect conflictuel des critères, l'indétermination et le manque d'information liés au problème sont souvent avancés comme les sources de sa complexité. [Salem Chakhar, 2006]

La principale difficulté d'un problème multicritère est qu'il s'agit d'un problème mathématiquement mal posé. C'est-à-dire sans solution objective. Il n'existe pas, en général, d'action meilleure que toutes les autres simultanément pour les critères: le concept de solution optimale n'a donc pas de sens dans un contexte multicritère. De même, un problème de rangement n'aura une solution objective que si tous les critères donnent le même rangement, ce qui est tout à fait exceptionnel. «Résoudre» un problème de décision multicritère ne consiste donc pas à rechercher une sorte de vérité cachée (alors que c'est le cas dans un problème d'optimisation classique), mais à aider le décideur à maîtriser les données (souvent complexes) de son problème et à progresser vers une solution. Celle-ci sera donc plutôt une action de compromis et il faut accepter qu'elle dépende fortement de la personnalité du décideur, des circonstances dans lesquelles se fait l'aide à la décision, de façon dont on formule le problème et de la méthode d'aide à la décision qui est utilisée. Ces caractéristiques sont évidemment gênantes pour des scientifiques habitués à résoudre des problèmes dont la solution existe indépendamment d'eux. [Vincke, 89].

#### 5- Nature des problèmes multicritères

Les problèmes multicritères sont généralement classifiés selon:

La nature des conséquences des décisions qui sont modélisées comme

- déterministes, stochastique ou floues,
- réversibles, lourdes, ou irréversibles; [Imed Othmani, 1998]

La nature de l'ensemble des alternatives qui sont modélisées

- explicite avec un nombre d'alternatives fini.
- implicite avec un nombre d'alternatives infini.
- Le contexte dans lequel la décision est prise: décision publique ou privée;
- Le nombre de décideurs: décision de groupe ou individuelle.

L'ensemble des méthodes et des modèles développés en analyse multicritère ont un but commun qui vise à aider le décideur à prendre une décision qui le satisfait, et ce, au meilleur de sa connaissance vis-à-vis de la situation décisionnelle à laquelle il fait face. En ce sens, il s'agit de la meilleure solution qu'il peut trouver en utilisant un outil opérationnel tel qu'un modèle ou une méthode. Ce processus d'aide à la décision vise à intégrer le décideur dans la démarche décisionnelle en lui offrant la possibilité de progresser vers une solution. Celle-ci dépendra de plusieurs facteurs, qui sont de nature subjective, tel que: la personnalité du décideur, les circonstances entourant l'activité décisionnelle, la façon dont le problème a été formulé et la méthode d'aide à la décision utilisée. [Vincke, 89].

En général et dans le contexte de l'ensemble A des actions potentielles, le problème de décision multicritère consiste à choisir une «meilleur» action (problème de choix) ou à trier les actions en vue d'une classification suivant des normes préétablies (problématique de rangement).

## 6- Les différentes problématiques multicritères

La problématique peut être perçue comme étant une orientation de l'investigation qu'on adopte pour un problème de décision donné. Elle exprime les termes dans lesquels le décideur ou l'homme d'étude pose le problème et traduit le type de la prescription qu'il souhaite obtenir. [ROY B ,1985]

Roy distingue quatre problématiques :

-Problématique du choix( $P.\alpha$ ): aider à choisir une «meilleur» action ou à élaborer une procédure de sélection :

Il s'agit de la problématique la plus classique: celle qui consiste à poser le problème en termes du meilleur choix. C'est par rapport à elle que se sont développées les procédures d'optimisation. Toutefois, la définition que nous proposons ci-après fait apparaître la problématique de l'optimisation comme un cas particulier de cette problématique du choix.

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

- Soit à indiquer avec un maximum de précision et de rigueur une décision à préconiser; -
- Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure de sélection (d'une meilleure action) convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée.
- Soit du fait du caractère révisable et/ou transitoire de  $A$ ;
- Soit parce que les éléments objectifs servant à asseoir la comparaison des actions sont insuffisamment précis;
- Soit par suite de la multiplicité des systèmes de valeurs qui sont en jeu;

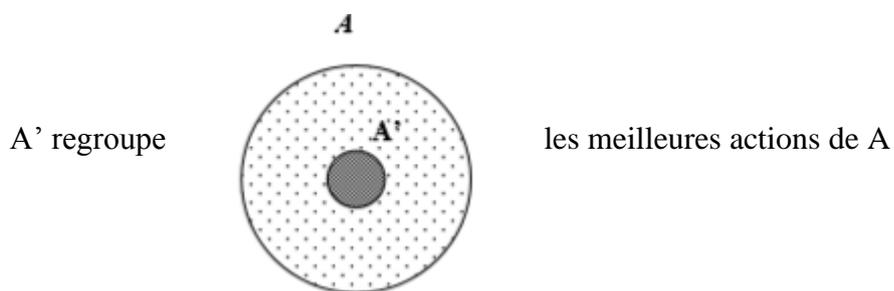


Figure 4 –La problématique de choix ( $P.\alpha$ )

-Problématique du tri( $P.\beta$ ): aider à trier les actions d'après des normes ou à élaborer une procédure d'affectation

la problématique du tri( $P.\beta$ )consiste à poser le problème en termes de tri des actions par catégories, celles-ci étant conçues relativement à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir, c'est-à-dire à orienter l'investigation vers la mise en évidence d'une affectation des actions de Aà ces catégories en fonction de normes portant sur la valeur intrinsèque de ces actions et ce compte-tenu du caractère révisable et/ou transitoire de A; cette problématique prépare une forme de prescription ou de simple participation visant: - Soit à préconiser l'acceptation ou le rejet pour certaines actions; d'autres pouvant donner lieu à des recommandations plus complexes compte-tenu de la conception des catégories; - Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure d'affectation à des catégories de toutes les actions convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée.

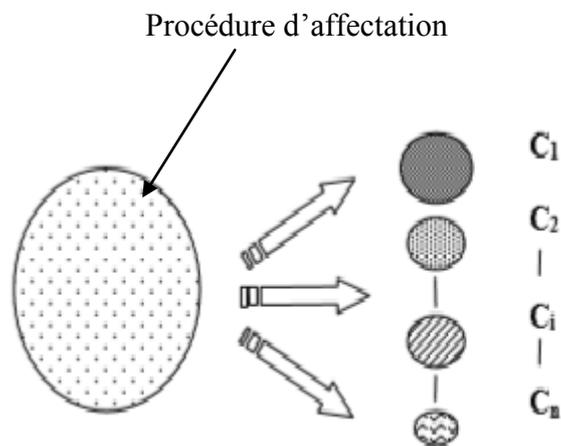


Figure 5—La problématique de tri ( $P.\beta$ )

- Problématique du rangement( $P.\gamma$ ): aider à ranger les actions selon un ordre de préférence décroissante ou à élaborer une procédure de classement

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

- Soit à indiquer un ordre partiel ou complet portant sur des classes regroupant des actions jugées équivalentes;

- Soit à proposer l'adoption d'une méthodologie fondée sur une procédure de classement (de tout ou partie de A) convenant à une éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée.

Rangement des actions

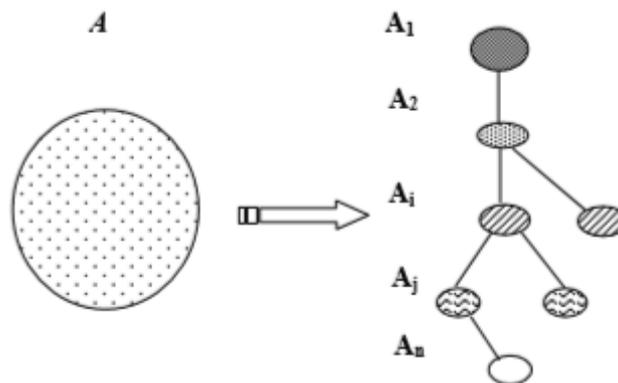


Figure 6 – La problématique du rangement( $P.\gamma$ )

-Problématique de la description( $P.\delta$ ): aider à décrire les actions et/ou leurs conséquences de façon systématique et formalisée ou à élaborer une procédure cognitive.

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

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

### 7- Les principales méthodes multicritères

La littérature en aide multicritère à la décision renferme de nombreuses méthodes. Roy a regroupé ces dernières dans trois catégories principales représentant chacune d'entre elles des approches différentes. Ces catégories se présentent comme suit :

#### 1-Méthodes d'agrégation selon l'approche du critère unique de synthèse

Selon Roy cette approche est la plus classique. Les méthodes appartenant à cette catégorie sont généralement désignées sous le nom des méthodes d'agrégation complète. Elles consistent à agréger l'ensemble des critères, de manière à obtenir une fonction critère unique qui synthétise cet ensemble. Ainsi, cette fonction à optimiser, qui peut être par exemple une fonction d'utilité ou de valeur, agrège les préférences locales, au niveau de chaque critère ou attribut.

#### 2- Les méthodes de sur classement selon l'approche du sur classement de synthèse

A l'inverse de la première catégorie, cette classe de méthodes accepte, selon Roy considéré généralement comme le fondateur de ces méthodes, l'incomparables entre les

différentes actions. Les méthodes appartenant à cette approche, d'inspiration française, sont appelées également les méthodes d'agrégation partielle. Cette appellation est due au fait que ces méthodes procèdent, généralement, par paires d'actions. En effet, les actions sont comparées deux à deux pour pouvoir vérifier l'existence d'une relation de surclassement ou pas. Une fois toutes les actions comparées de cette façon, une synthèse de l'ensemble des relations binaires est élaborée afin d'apporter des éléments de réponse à la situation décisionnelle posée. [KaziTani Amel,2009]

## 8- Les différentes méthodes

Nous allons présenter différentes méthodes d'aide à la décision :

Les méthodes ELECTRE (I, IS, II, III, IV et TRI) ainsi deux méthodes proches des méthodes ELECTRE : les méthodes PROMETHEE (I et II). Chacune de ces méthodes traite une problématique bien précise. Les éléments importants qui différencient ces méthodes sont la définition de la relation de classement des actions (chaque méthode exploite une relation de préférence différente) et la méthode d'exploitation des résultats.

### 9- La Méthode ELECTRE I

Cette méthode sera appliquée dans cette mémoire pour choisir les meilleurs des étudiants avec plusieurs critères.

#### 9-1 Historique

ELECTRE1 est une famille de méthodes d'analyse multicritères développée en Europe à la fin des années 1960.

#### 9-2 Principe de Méthode

Cette méthode permet de choisir la meilleure action suivant un groupe de critères. Elle a été définie par B. Roy en 1968 [Vincke 89, Maystre et al. 94].

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.

#### 9-3 Indice de concordance [Maystre et al. 94]

Il est dit du critère  $j$  qu'il concorde avec l'hypothèse "l'action  $ai$  surclasse l'action  $ak$ " si l'action  $ai$  est au moins aussi bonne que l'action  $ak$  en ce qui concerne le critère  $j$ ; ce qui se traduit par :  $gj(ai) \geq gj(ak)$ .

#### 9-4 Non-discordance [Maystre et al. 94]

La condition de non-discordance permet de refuser le surclassement d'une action sur une autre, obtenu après application de la condition de concordance, lorsqu'il existe une opposition trop forte sur un critère au moins.

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

$d$  : est le seuil de discordance, il est relativement petit

#### 9-5 Relation de surclassement

La relation de surclassement  $S$  est construite en prenant appui sur une notion de concordance et une notion de discordance. L'hypothèse de surclassement sera acceptée si un test de concordance et un test de non-discordance sont satisfaits.

**9-6 Le graphe de surclassement**

Le graphe de surclassement visualise la relation de surclassement pour l'ensemble des couples des actions. La théorie des graphes est ici utilisé pour représenter les relations de surclassement.

**9-7 Le noyau du graphe**

Le noyau du graphe est composé d'un ensemble de sommets tels que tous les sommets du graphe qui n'appartiennent pas au noyau (c'est-à-dire les actions du sous-ensemble A/N) sont surclassés par un sommet du noyau N au moins, et tels que les sommets du noyau N ne sont surclassés par aucun sommet de celui-ci.

L'appartenance d'une action au noyau ne signifie pas nécessairement que c'est une bonne solution; le noyau représente simplement l'ensemble des actions parmi lesquelles se trouve "la meilleure" et il est constitué par des actions difficilement comparables.

**10- Algorithme de surclassement [Maystre et al. , 1994]**

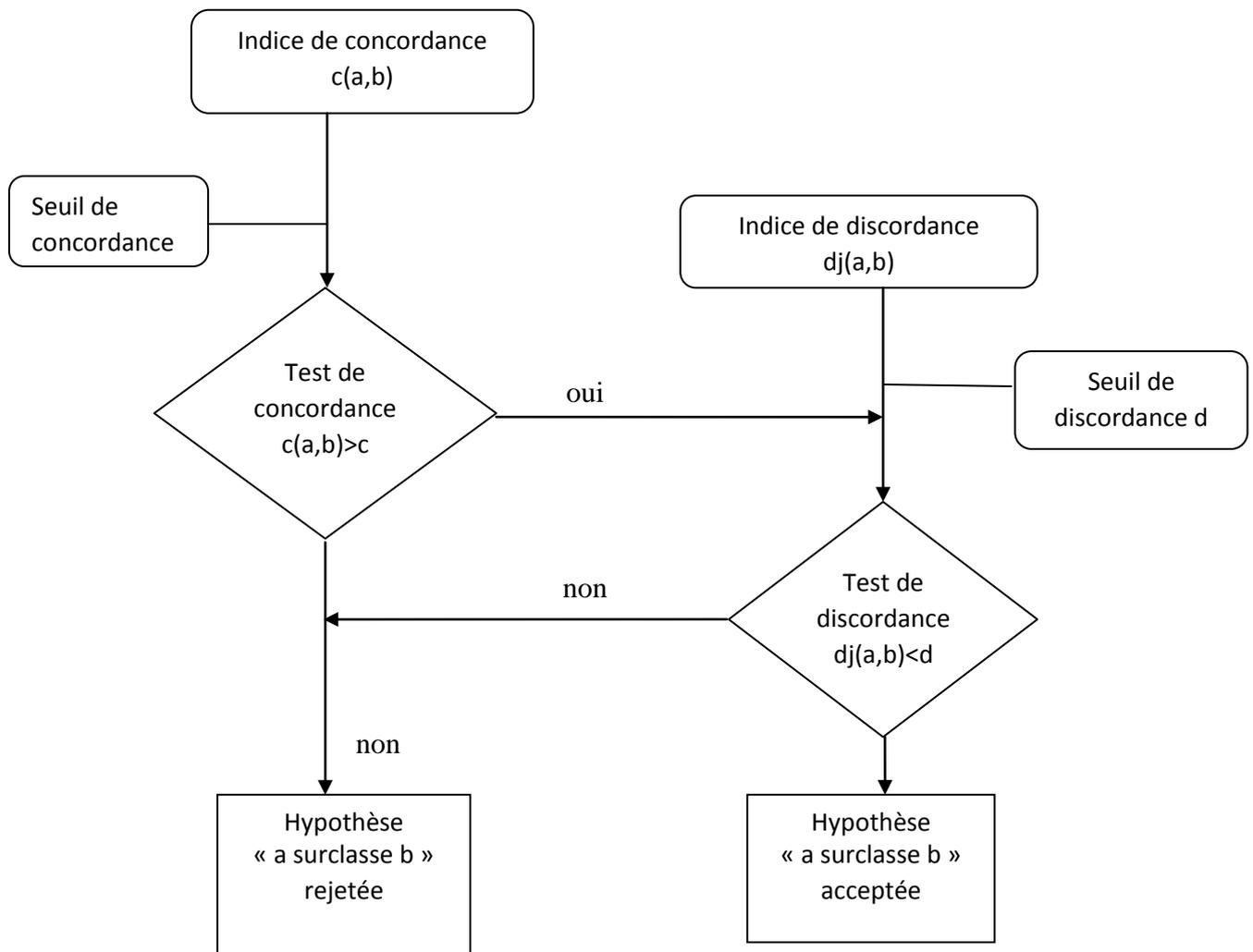


Figure7 -Cheminement de la relation de surclassement.

## 11- Les techniques de calcul

Les techniques de calcul utilisées dans cette méthode, il faut transformer toutes les performances des actions en notes. Celles-ci varieront sur des échelles dont la longueur évoluera de la même façon que les poids accordés aux critères. Cela étant fait, on peut calculer l'indice de concordance en considérant chaque critère comme un critère vrai ( $p=q=0$ ).

L'indice de discordance sera établi en mesurant, pour chaque critère dans chaque couple d'actions, l'éventuelle différence discordante entre les deux actions, en n'en retenant que la plus grande pour ce couple, et en la divisant par la plus grande longueur d'échelle. Cela garantit un indice de discordance compris entre 0 et 1. En plaçant chaque action à la fois en ligne et en colonne, on établit les matrices de concordance et de discordance, dont la diagonale ne présente aucune valeur. Il faut alors définir un seuil de concordance et un seuil de discordance. Ces seuils permettront de réaliser les tests de concordance et de discordance .

Le premier indique une valeur minimale à dépasser (souvent supérieure à 0,5), le second une valeur maximale à ne pas outrepasser (souvent inférieure à 0,5)[Roy 1968]

### Exemple

Acquisition des matériels informatique (les ordinateurs) afin d'assurer vos déplacements chez vos client, l'appareil doit être léger, performant, pas trop onéreux et si possible bien équipé en logiciel de bureautique.

Les produits suivants :

- PC portable DEL
- PC portable HP
- PC portable SONY
- Tablette ARCHOS

Les critères suivants :

- Prix
- Performance
- Mobilité
- Logiciels disponible avec l'outil informatique
- Garante

Avec le seuil de  $c=0.7$  et le seuil de  $d=0.2$

Echelle 1-10

Tableau de performance

	Prix	Performance	Mobilité	Logiciels	Garante
DEL	5	10	7	7	2
ARCHOS	4	8	5	5	7
SONY	5	8	7	7	6
HP	7	6	5	3	7
Poids	1	3	1	1	4

Indice de concordance

	DEL	ARCHOS	SONY	HP
DEL	-	0.6	0.6	0.5
ARCHOS	0.4	-	0.7	0.9
SONY	0.7	0.6	-	0.5
HP	0.5	0.6	0.5	-

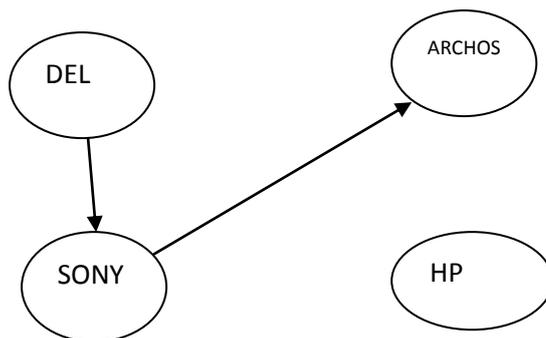
Indice de discordance

	DEL	ARCHOS	SONY	HP
DEL	-	0.5	0.4	0.5
ARCHOS	0.2	-	0.2	0.3
SONY	0.2	0.1	-	0.2
HP	0.4	0.2	0.4	-

Tableau de surclassement

	DEL	ARCHOS	SONY	HP
DEL	0	0	0	0
ARCHOS	0	0	1	0
SONY	1	0	0	0
HP	0	0	0	0

En peut réduire le graphe suivant :



Donc en peut conclure que PC DEL surclassé PC SONY et PC SONY surclassé tablette ARCHOS .

Le noyau de ce graphe de surclassement est  $N = \{DEL, HP\}$

**12-Conclusion:**

Les méthodes d'aide multicritère à la décision sont des techniques assez récentes et en plein développement. Par leur manière d'intégrer tout type de critères, ces procédures semblent mieux permettre de se diriger vers tous les domaines.

## 1 –Introduction

L'objectif de cette étude est programmé une application qui permet de trier et classer les étudiants (licence) passe à haut niveau (Master) avec plusieurs critères.

## 2- Choix du langage

Le langage de programmation utilisé (Java) permet de réaliser de façon très simple l'interface des applications et de relier aisément le code utilisateur aux événements Windows.

### 2-1Présentation du langage Java

Java est un langage orienté objet permettant le développement d'applications complètes s'appuyant sur les structures de données classiques (tableaux, fichiers) et utilisant abondamment l'allocation dynamique de mémoire pour créer des objets en mémoire. La notion de structure, ensemble de données décrivant une entité (un objet en Java) est remplacée par la notion de classe au sens de la programmation objet. Le langage Java permet également la définition d'interfaces graphiques (GUI : Graphical User Interface) facilitant le développement d'applications interactives et permettant à l'utilisateur de "piloter" son programme dans un ordre non imposé par le logiciel. Le langage est aussi très connu pour son interactivité sur le Web facilitant l'insertion dans des pages Web, au milieu d'images et de textes, de programmes interactifs appelés "applets". Pour des problèmes de sécurité, ces applets sont contrôlées et souvent limitées dans leur interaction avec le système d'exploitation de l'ordinateur sur lequel elles se déroulent : limitation des accès aux fichiers locaux ou aux appels système de la machine. Un programme Java est portable au sens où il peut s'exécuter sur des ordinateurs fonctionnant avec différents systèmes d'exploitation. Les programmes écrits en Pascal ou en langage C sont aussi portables par compilation du code source sur la machine où le programme doit s'exécuter. Java est portable d'une plate-forme (matériel et système d'exploitation) à une autre sans recompilation.

## 3-Microsoft SQL

Le langage SQL (Structured Query Language) est un langage de requête utilisé pour interroger des bases de données exploitant le modèle relationnel.

MySQL serveur gère une ou plusieurs base de données. Chaque base de données contient différents types d'objets (tables, index, fonctions). L'objet le plus représenté d'une base de données est la table.

## 4-Présentation de modèle physique des données

### 4-1 Définition UML

UML (Unified Modeling Language) en français ( langage de modélisation unifié), est un langage de modélisation graphique à base de pictogrammes conçu pour fournir une méthode normalisée pour visualiser la conception d'un système. Il est couramment utilisé en développement logiciel et en conception orientée objet.

## 4-2 Diagramme de classe

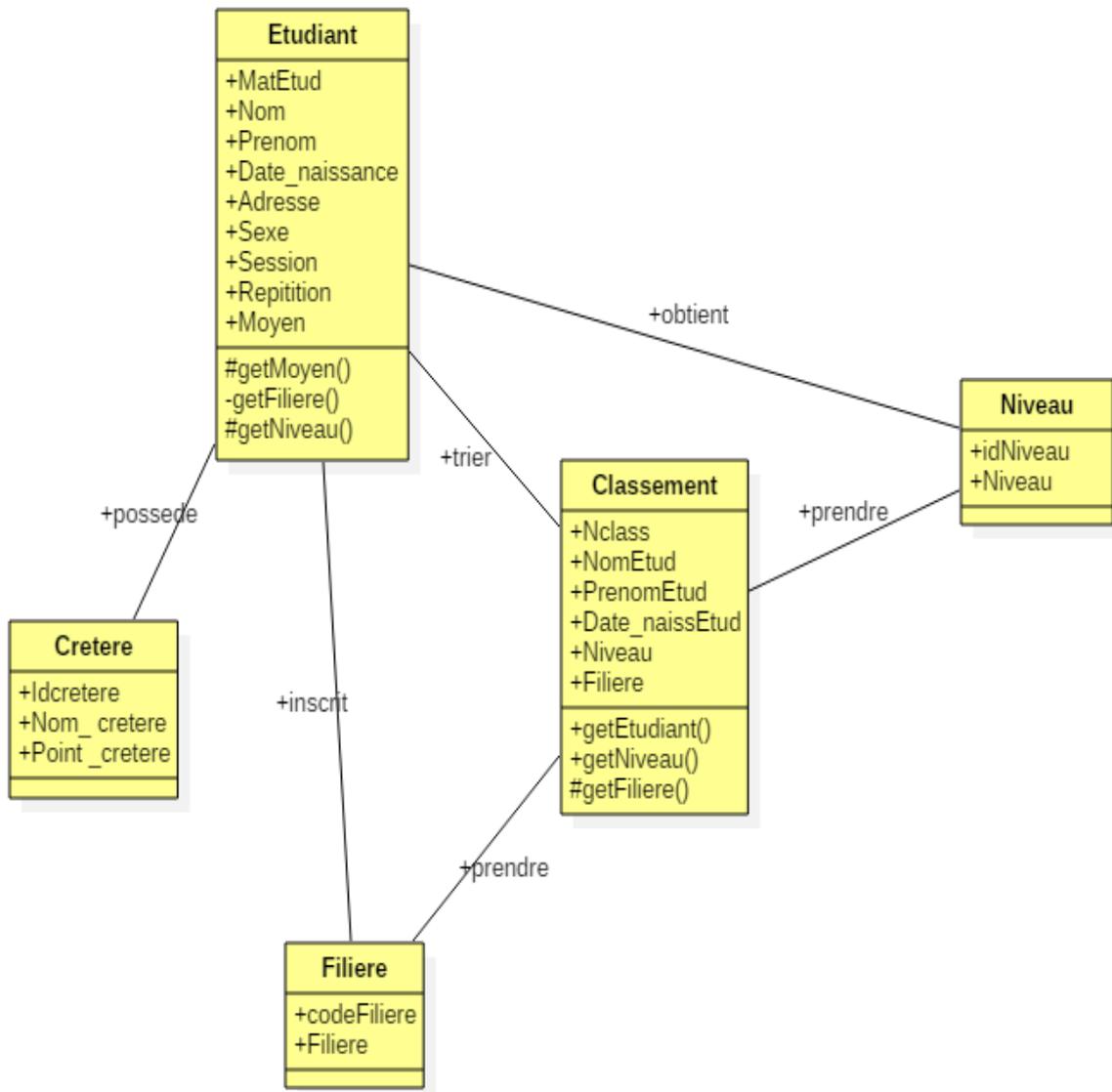


Figure 8 -Diagramme de classe

### 5- La structure de l'application

L'application du système c'est une structure modulaire pour faciliter la compréhension du système et des tâches qu'il réalise.

Les tâches principales : la saisie, la consultation, la modification d'une quantité d'informations concernant un fichier donné, la suppression et classement.

#### 5-1 Architecture du logiciel

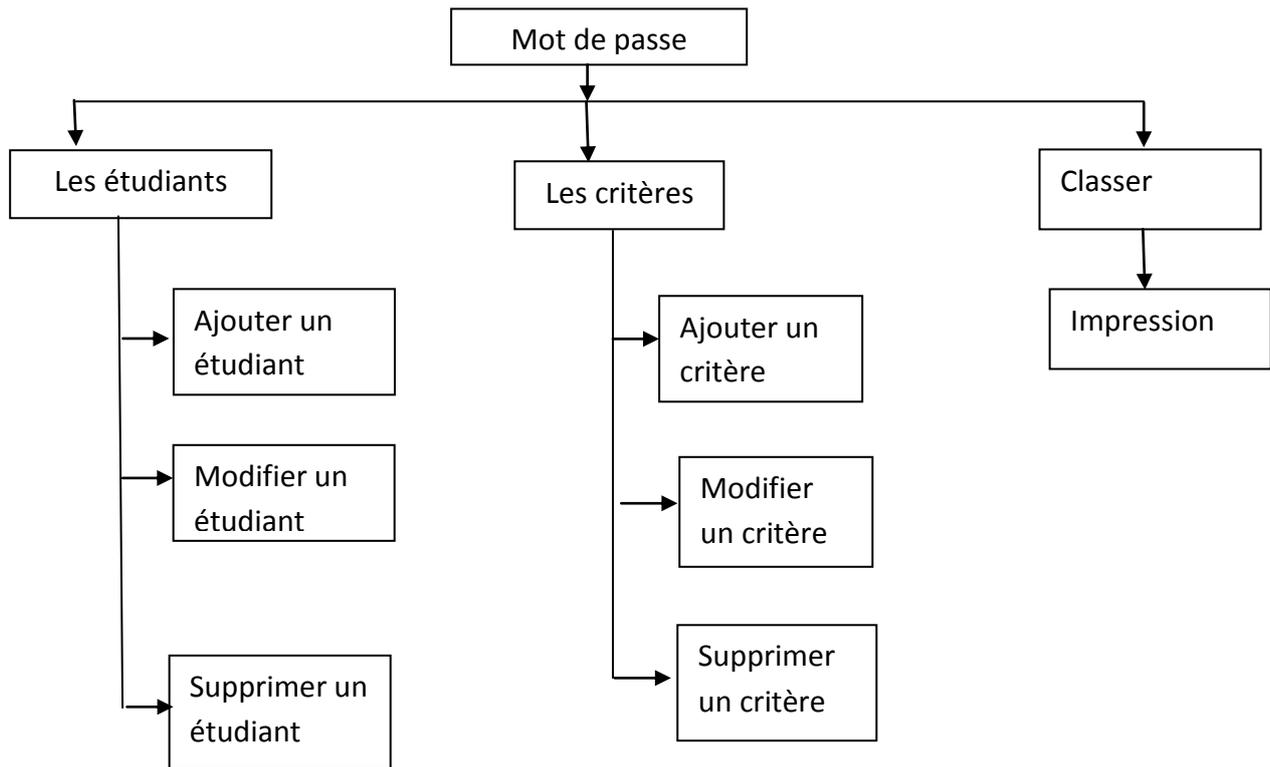


Figure 9 -Architecture du logiciel

### 6-Images de l'application

#### 6-1 Interface de logiciel

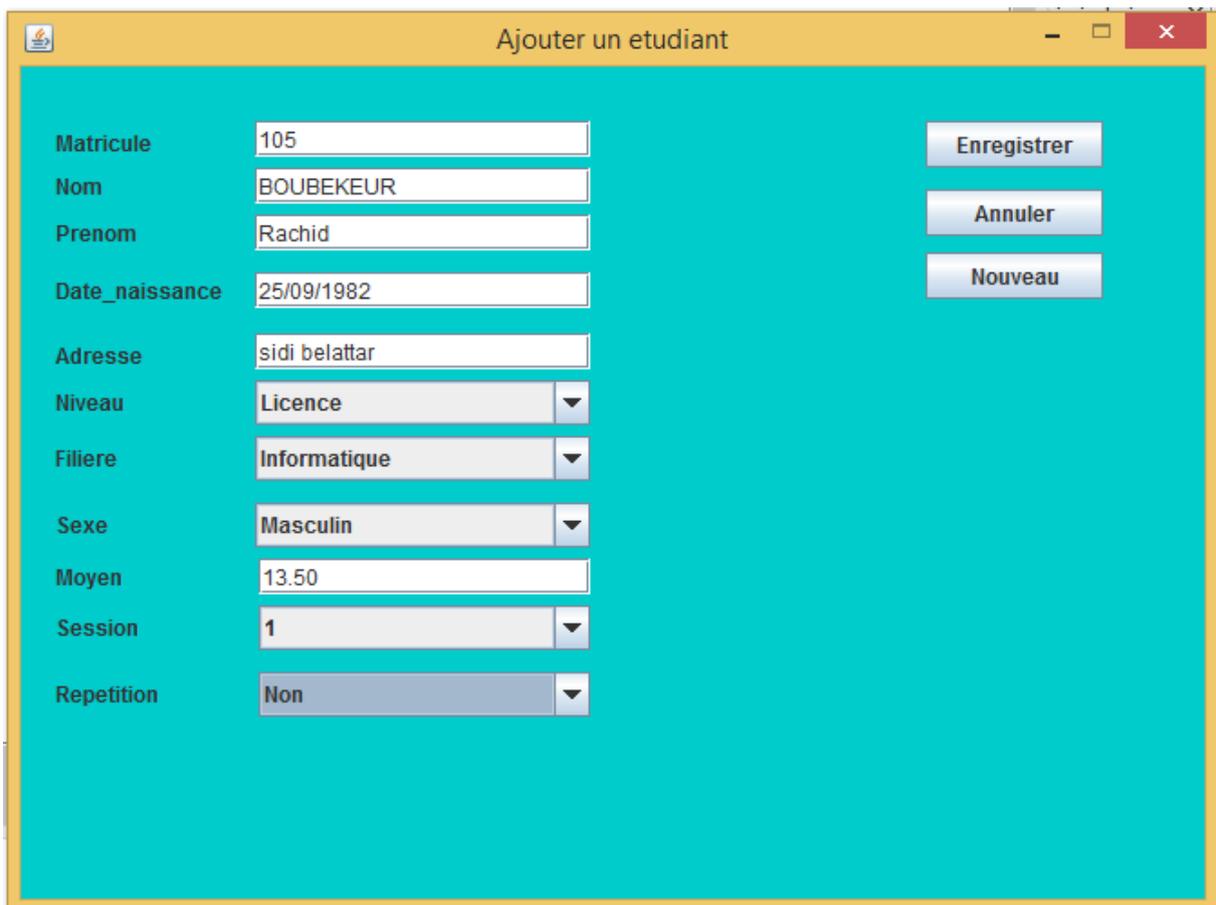
Pour entrer dans logiciel il faut cliquer sur le bouton «Démarrer» et pour la sortie cliquer sur le bouton «Quitter».



Figure 10 -Interface de logiciel

### 6-2 Ajouter un étudiant

Après la saisi des l'informations de l'étudiant, et pour enregistre il faut cliquer sur le bouton « Enregistrer », Le remplissage tous les champs est obligatoire, pour annuler l'opération clique sur bouton «Annuler» et pour ajouter un autre étudiant cliqué sur bouton« Nouveau ».



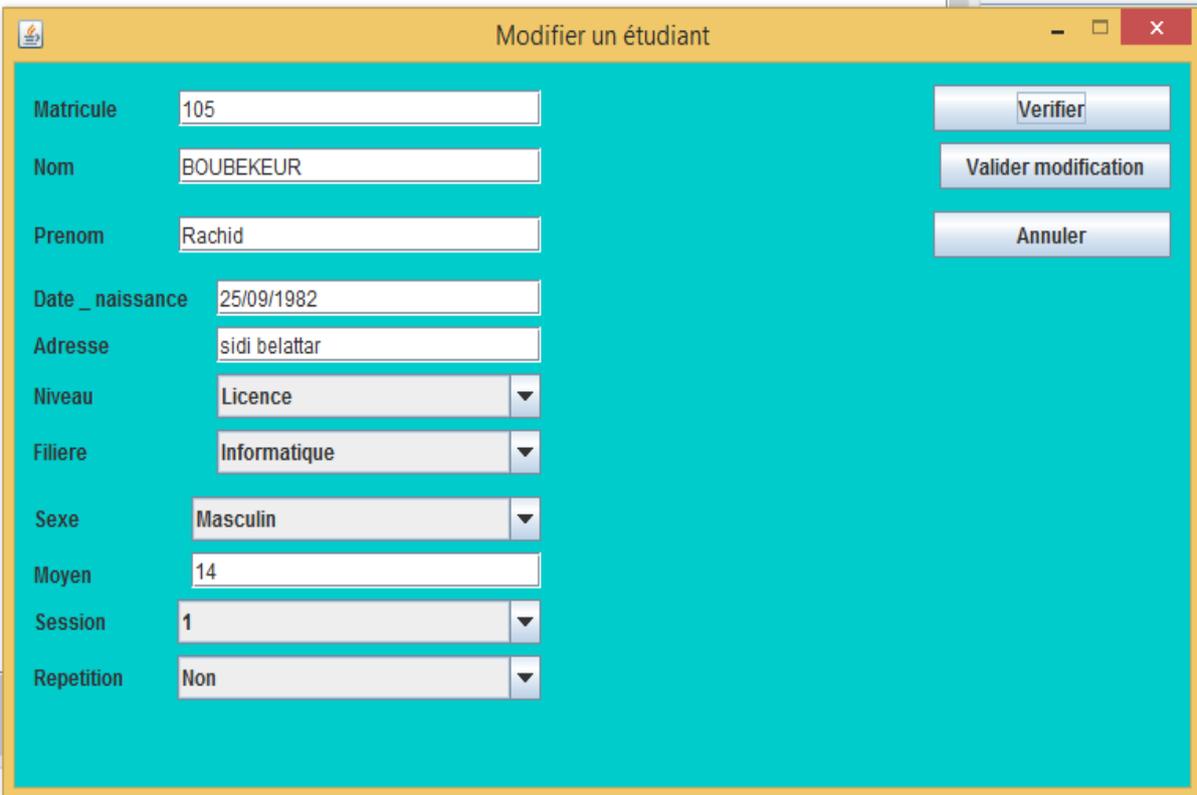
The screenshot shows a web form titled "Ajouter un etudiant" with a yellow header bar. The form has a light blue background and contains the following fields and buttons:

Matricule	<input type="text" value="105"/>	<input type="button" value="Enregistrer"/> <input type="button" value="Annuler"/> <input type="button" value="Nouveau"/>
Nom	<input type="text" value="BOUBEKEUR"/>	
Prenom	<input type="text" value="Rachid"/>	
Date_naissance	<input type="text" value="25/09/1982"/>	
Adresse	<input type="text" value="sidi belattar"/>	
Niveau	<input type="text" value="Licence"/>	
Filiere	<input type="text" value="Informatique"/>	
Sexe	<input type="text" value="Masculin"/>	
Moyen	<input type="text" value="13.50"/>	
Session	<input type="text" value="1"/>	
Repetition	<input type="text" value="Non"/>	

Figure 11 -Ajouter un étudiant

### 6-3 Modification de la fiche d'étudiant

Pour faire une modification il faut entrer le matricule ensuite cliqué sur bouton « Vérifier » pour affiche l'étudiant concerné et faire la modification, et pour enregistrer cette modification clique sur bouton «Valider modification » et pour quitter cliqué sur bouton « Annuler » .



The image shows a software window titled "Modifier un étudiant" with a yellow title bar. The window contains a form with the following fields and values:

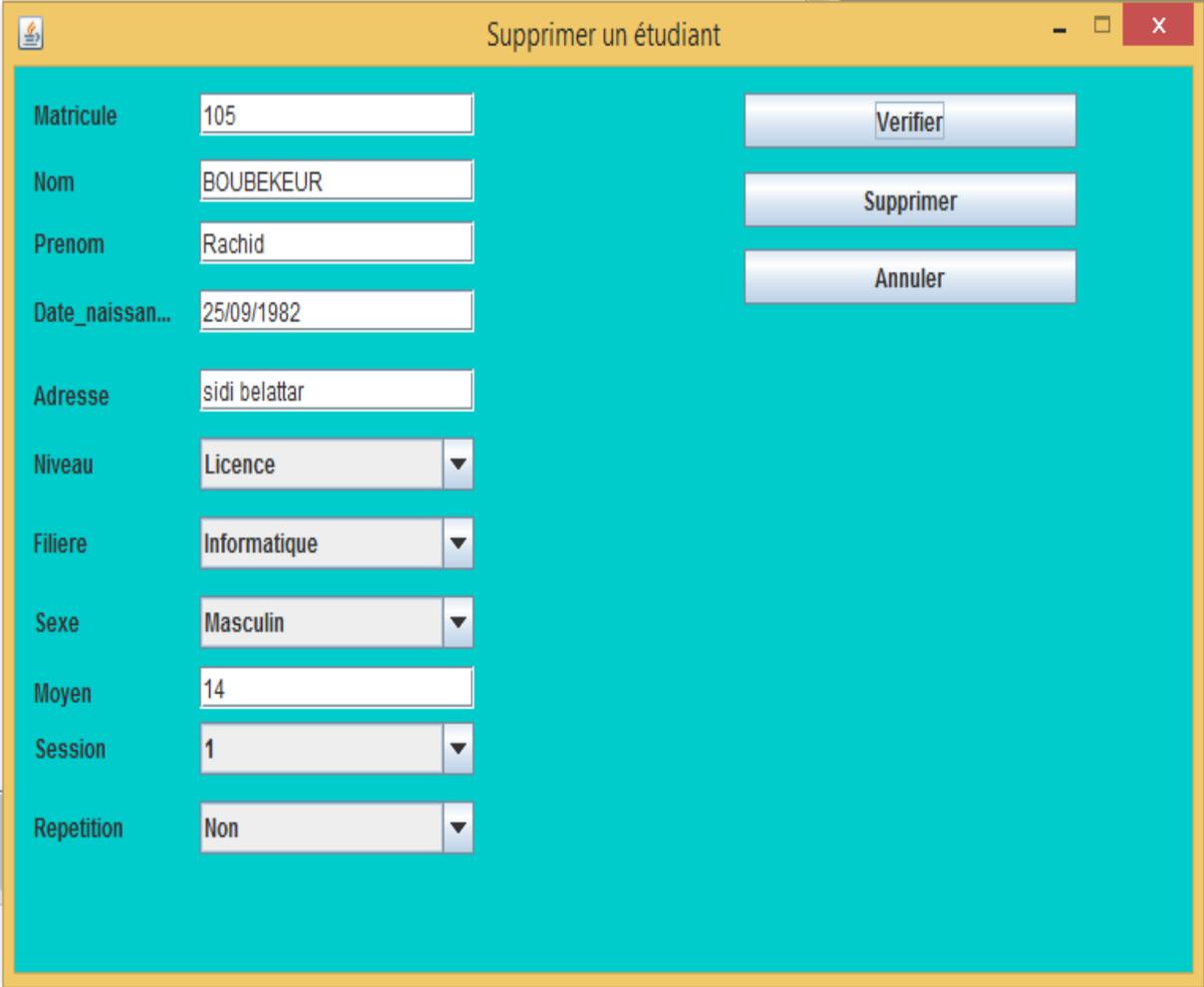
Field	Value
Matricule	105
Nom	BOUBEKEUR
Prenom	Rachid
Date_naissance	25/09/1982
Adresse	sidi belattar
Niveau	Licence
Filiere	Informatique
Sexe	Masculin
Moyen	14
Session	1
Repetition	Non

On the right side of the form, there are three buttons: "Verifier", "Valider modification", and "Annuler".

Figure 12 -Modification de la fiche d'étudiant

### 6-4 Supprimer un étudiant

Pour faire la suppression il faut entrer le matricule ensuite cliqué sur bouton « Vérifier » pour affiche l'étudiant concerné, ainsi pour supprimer cliqué sur bouton «Supprimer » et pour quitter cliqué sur bouton « Annuler » .



Label	Value
Matricule	105
Nom	BOUBEKEUR
Prenom	Rachid
Date_naissan...	25/09/1982
Adresse	sidi belattar
Niveau	Licence
Filiere	Informatique
Sexe	Masculin
Moyen	14
Session	1
Repetition	Non

Buttons: Verifier, Supprimer, Annuler

Figure 13 -Supprimer un étudiant

### 6-5 Ajouter et modifier et supprimer un Critère

Après la saisi l'information d'un critère, il faut cliquer sur le bouton « Enregistrer », Le remplissage tous les champs est obligatoire.

Pour faire une modification il faut entrer le «IdCritere» ensuite cliqué sur bouton « Vérifier » pour affiche le critère concerné et faire la modification, et pour enregistrer la modification clique sur bouton «Enregistrer »

Pour faire la suppression il faut entrer le «IdCritere» ensuite cliqué sur bouton « Vérifier » pour affiche le critère concerné, ainsi pour supprimer clique sur bouton «Supprimer » et pour annuler opération clique sur bouton «Annuler».

The image shows a software window titled "Ajouter" with a yellow title bar. Inside the window, there are three input fields on the left, each with a label: "IdCritere", "Nom\_critere", and "Poids\_critere". To the right of these fields is a vertical stack of five buttons: "Vérifier", "Enregistrer", "Modifier", "Supprimer", and "Annuler". The buttons are light blue with black text. The window has standard Windows window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner.

Figure 14 -Ajouter et modifier et supprimer un Critère

## 6-6 Classement des étudiants

Pour classer les étudiants avec plusieurs critères, cliqué sur bouton « Classer ».

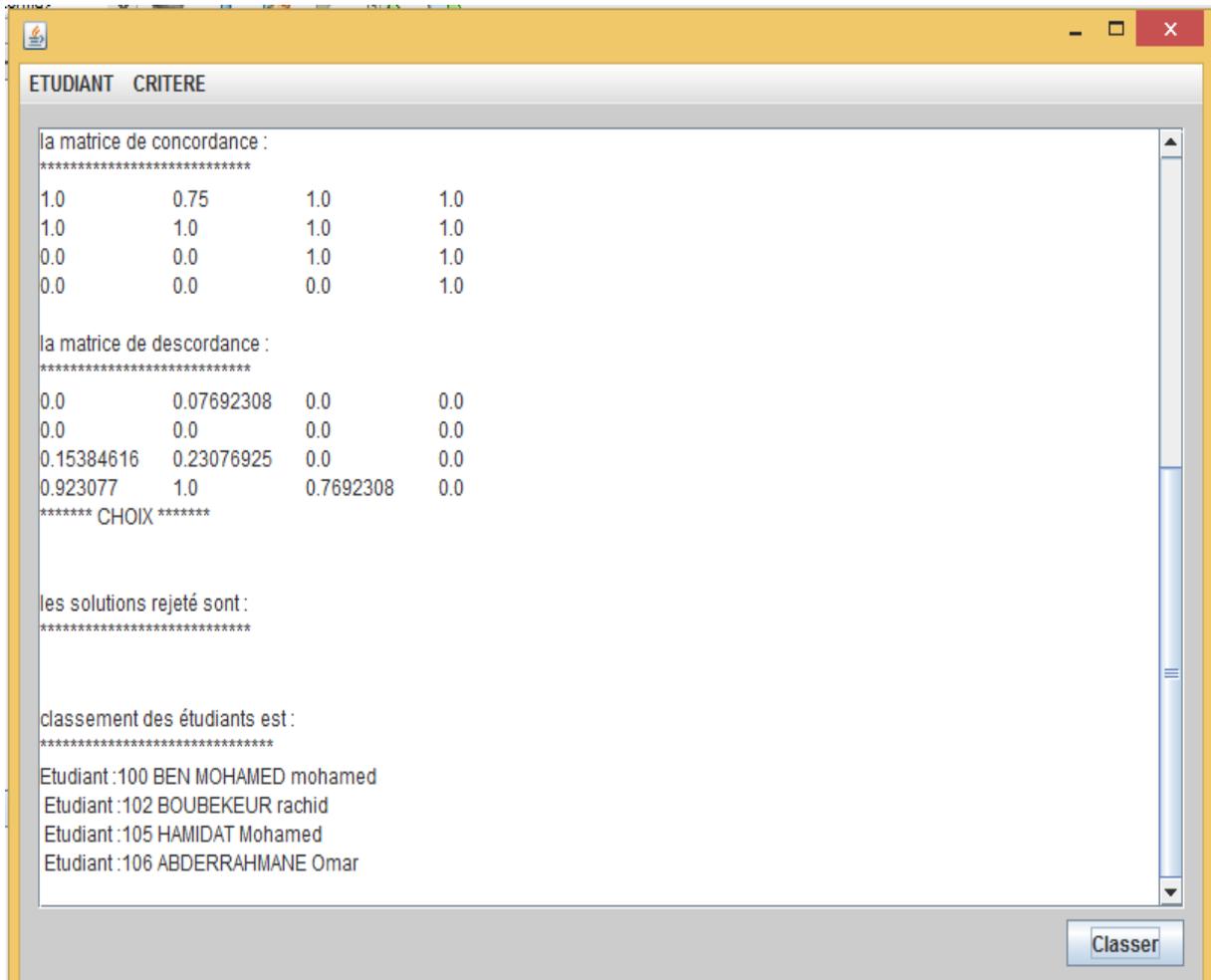


Figure 15 -Classement des étudiants

### **Conclusion générale**

L'Analyse Multicritère est un outil d'aide à la décision développé pour résoudre des problèmes multicritères complexes qui incluent des aspects qualitatifs ou quantitatifs dans un processus décisionnel, dans ce mémoire, nous avons présenté les concepts de base de l'optimisation multi-objectif, puis une classification des techniques d'optimisation multi-objectif et le principe des méthodes multicritères, ensuite j'explique le but de la méthode ELECTRE I et j'utilise cette méthode pour trier et classer les meilleurs étudiants avec plusieurs critères.

## BIBLIOGRAPHIES

---

### **Bibliographies :**

- 1-[Barichard, 2003] Approches hybrides pour les problèmes multiobjectifs. V.Barichard, Thèse de Doctorat 2003, école doctorale d'Angers.
- 2-[COU,98] H. Courtot, "La gestion des risques dans les projets" dans la collection "Production et techniques quantitatives appliquées à la gestion", Ed.S. V. Giard, vol. 1, Edition n° 1, Economica, 1998.
- 3- [Coello et al, 99] C. A. Coello Coello, A. D. Christiansen, MOSES : A Multiobjective Optimization Tool for Engineering Design, Engineering Optimization, 1999
- 4-[DUB94\*] D. Dubois et M. Grabisch, "Agrégation multicritère et optimisation" dans Logique Floue, vol. 1, ARAGO, Ed. O.F.d.T. Avancées, Edition n° 1, Paris, Masson, 1994.
- 5- [Fujimura, 1996] Path planning with multiple objectives. K.Fujimura. IEEE Robotics and Automation Society Magazine.
- 6-[Fujita, 1998] Multi-objective optimal design of auto motive engine using genetic algorithm. K.Fujita, N.Hirokawa, S.Akagi, S.Kimatura, and H.Yokohata, (1998). In Design Engineering Technical Conferences DETC Atlanta, Georgia.
- 7-[Ishibuchi, 1998] A multi-objective genetic local search algorithm and its application to the Flowshop scheduling. H.Ishibuchi and T.Murata, IEEE transactions on systems, Man and Cybernetics Part C : applications and reviews, 1998.
- 8-[Imed Othmani,1998] "Optimisation multicritère: fondements et concepts", Thèse de doctorat, l'université Joseph Fourier de Grenoble, 1998.
- 9-[Keeney et al, 93] R. L. Keeney, H. Raiffa, Decisions with multiple objectives : preferences and Value tradeoff, éditions Cambridge University Press, 1993
- 10-[ KaziTani Amel,2009] "La modélisation des préférences du décideur dans le modèle du goal programming", Thèse de doctorat en science de gestion, Université de Tlemcen, 2009.
- 11-[Maystre et al, 94] L.-Y. Maystre, J. Pictet, J. Simos, Méthodes multicritères ELECTRE, édition Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1994.
- 12-[Mahdi, 2007] Mahdi S. (2007). Optimisation multiobjectif par un nouveau schéma de coopération méta/exacte. Mémoire de Master, Université Mentouri de Constantine.
- 13-[Markowitz, 1952] Markowitz H. (1952). Portfolio selection. The Journal of Finance.
- 14- [ Mintzberg H, 1993]"Structure et dynamique des organisations", 1er Ed, Ed d'organisation, Paris, 1993
- 15-[Obayashi, 1998] Niching and elitist models for multiobjective genetic algorithms. S.Obayashi, S.Takahashi, and Y.Takeguchi, (1998). In Parallel Problem Solving from Nature PPSN ' 98, Amsterdam. Springer-Verlag.
- 16-[Partoune et Quoilin, 2002]. La réalisation d'un tableau multicritères C. Partoune et H. Quoilin avril 2002, Université de Liège.

## BIBLIOGRAPHIES

---

- 17-[Perny P, 1998] Multicriteria filtering methods based on concordance and non-discordance principales", Annals of Operations Research, 1998.
- 18-[ROY B ,1968] Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode Electre), Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle, 1968.
- 19-[ROY B ,85] "Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision" dans la collection "Production et techniques quantitatives appliquées à la gestion", Ed.S. V. Giard, vol. 1, Edition n° 1, Paris, Economica, 1985.
- 20-[Roy et al, 93] B. Roy et D. Bouyssou, Aide multicritère à la décision : Méthodes et cas, éditions Economica,1993.
- 21-[SAA,77] T. L. Saaty, "A scaling method for priorities in hierarchical structures" publié dans Journal of Mathematical Psychology, 1977.
- 22-[Salem Chakhar,2006] "Cartographie décisionnelle multicritère Formalisation et implémentation informatique ",Thèse de doctorat en informatique, Université Paris Dauphine ,2006.
- 23-[Serge Bellut ,2002] "Les processus de la décision: démarches, méthodes et outils", 1er Ed, ANFOR, Paris, 2002.
- 24-[Simon H, 1982] "Rational choice and the structure of environment", Models of bounded rationality, Cambridge, 1982.
- 25-[Simon Herbert A,1983] "Administration et processus de décision", 1er, Economica, Paris, 1983
- 26-[Vincke, 89] Philippe Vincke, L'aide multicritère à la décision, éditions Ellipses, éditions de l'Université de Bruxelles, 1989.