



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la  
recherche scientifique

Université Larbi Tébessi - Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Mathématiques et Informatique



Mémoire de fin d'étude  
Pour l'obtention du diplôme de **MASTER**  
Domaine : Mathématiques et Informatique  
Filière : Informatique  
Option : Systèmes d'information

Thème

**Gestion de QOS DANS LA composition de  
services web en présence de multi décideurs**

Présenté Par :

**Djedai Marwa**

Devant le jury :

Dr. Bourougaa Salima	MCB	Université Larbi Tébessi	Président
Dr. Hamidane Fathi	MAA	Université Larbi Tébessi	Examineur
Dr. Betouil Ali Abdelatif	MCB	Université Larbi Tébessi	Encadreur

Date de soutenance : 15 September 2020

# Résumé

Dans le système d'aide à la décision pour plusieurs décideurs, les décideurs se distinguent par leurs propres informations, stratégies de décision, préférences et objectifs qui ne sont pas partagés.

Cela signifie que le processus décisionnel de plusieurs décideurs est réparti entre les différentes entités impliquées et est influencé par les caractéristiques des différents membres décideurs. La solution à ce problème est de trouver une décision acceptable pour tous les décideurs en fonction de leurs préférences.

Dans ce projet de fin d'études, nous proposons une nouvelle contribution à la gestion de la qualité de service dans la formation de services Web dans le cas de plusieurs décideurs. À cet égard, le premier objectif est de proposer une méthode d'aide à la décision à plusieurs volets et à multiples facettes pour résoudre le problème en question. Pour ce faire, nous avons adapté et développé la méthode AHP.

**Les mots clés :** Aide à la décision , multi critère, multi décideur, AHP, les services web, QOS.

# **ABSTRACT**

In the decision support system for multiple decision makers, decision makers are distinguished by their own information, decision strategies, preferences and objectives which are not shared.

This means that the decision-making process of several decision-makers is distributed among the different entities involved and is influenced by the characteristics of the different decision-making members. The solution to this problem is to find a decision acceptable to all decision makers based on their preferences.

In this end of studies project, we propose a new contribution to the management of the quality of service in the training of Web services in the case of several decision-makers. In this regard, the first objective is to propose a multi-pronged and multi-faceted decision support method to solve the problem in question. To do this, we have adapted and developed the AHP method.

**Keywords:** Decision support, multi criteria, multi decision maker, AHP, web services, QOS.

# ملخص

في نظام دعم القرار للعديد من صانعي القرار ، يتميز صناع القرار بمعلوماتهم الخاصة واسرانيحيات القرار وتفضيالتهم وأهدافهم التي ال يتم مشاركتها .

وهذا يعزي أن عملية صنع القرار للعديد من صانعي القرار يتم توزيعها بين مختلف الكيانات المعنية وتناثر بخصوص مختلف أعضاء صنع القرار. الحل لهذه المشكلة هو إيجاد قرار مقبول لجميع صناع القرار على أساس تفضيالتهم.

في مشروعنا هذا ، نؤترح مساهمة جديدة في إدارة جودة الخدمة في تشكيل خدمات الويب في حالة العديد من صانعي القرار. في هذا الصدد ، يتمثل الهدف الأول في اقتراح طريقة لدعم القرار متعددة الجوانب والأوجه لحل المشكلة المعنية. للقيام بذلك ، قمنا بتكليف وتطوير طريقة AHP. الكلمات الرئيسية: دعم القرار ، معايير متعددة ، صانع قرار متعدد ، AHP ، خدمات الويب ، QOS.

# Remerciements

*je remercie ALLAH de m' avoir donné et le courage pour réussir ce travail.*

*Je remercie mon encadreur DR Betouil Ali Abdelatif , d' avoir accepté de M' encadrer  
durant mon travail et pour leur conseils et ses orientations.*

*Je tiens aussi à remercier tous les membres de jury : DR Bourougaa Salima Et DR  
Hamidane Fathi ,pour leur disponibilité et acceptation d' examiner et de rapporter mon  
travail.*

*Je remercie ainsi tout les enseignants de mon département.*

# **DEDICACE**

*A mes parents , famille et amis*

*Djedai Marwa*

# TABLE des MATIERES

Introduction Générale .....	1
-----------------------------	---

## Chapitre 1 : Composition des service web basée QOS

1.1.	Introduction .....	4
1.2.	Architecture Orientée Service (SOA) : .....	4
1.2.1.	Définition de SOA : .....	4
1.2.2.	Les acteurs de SOA : .....	4
1.2.3.	Les Caractéristiques de SOA .....	5
1.3.	Service web : « une instance de l'architecture SOA »:.....	6
1.3.1.	Définition .....	6
1.3.2.	Les Technologies des services web .....	6
1.3.3.	Cycle de vie d'un service web .....	8
1.3.4.	Les propriétés d'un service Web .....	9
1.4.	Composition des services web .....	10
1.4.1.	Définition .....	10
1.4.2.	Cycle de vie d'une composition des services Web .....	11
1.4.3.	Méthodes de composition de services .....	12
1.4.3.1.	Classification selon le degré d'automatisation .....	13
1.4.3.2.	Classification selon la gestion des services.....	14
1.5.	La sélection de services web .....	18
1.5.1.	Stratégie de sélection .....	19
1.5.1.1.	Sélection locale .....	19
1.5.1.2.	Sélection globale .....	20
1.5.1.3.	Sélection hybride.....	21

## Chapitre 2 : La decision multi critere & collective |

2.1.	Introduction .....	24
2.2.	Aide multicritère à la décision .....	24
2.2.1.	Décision .....	24
2.2.2.	Aide à la décision.....	24
2.2.3.	Le processus décisionnel .....	24
2.2.4.	Les acteurs de l'aide à la décision .....	26
2.2.5.	Paradigme monocritère .....	27
2.2.6.	Définition de l'aide à la décision multicritères .....	27
2.2.7.	Problématiques en aide multicritère à la décision .....	27
2.2.8.	Méthodes d'aide multicritère à la décision .....	28
2.3.	La décision collective .....	35
2.3.1.	Quelques critères de vote.....	37
2.4.	Conclusion.....	41

## Chapitre 3 : Une approche multicritere & multi decideurs |

3.1.	Introduction .....	43
3.2.	Principe de notre contribution.....	43
3.3.	Aide à la décision multi-décideurs .....	45
3.3.1.	Définition : .....	46
3.4.	Gestion de Qos multi-décideurs.....	47
3.4.1.	Choix de AHP : .....	47
3.5.	Contribution .....	48
3.6.	Architecture de notre contribution .....	53
3.6.1.	Niveau utilisateur .....	53
3.6.2.	Niveau interface décideur-application .....	54
3.6.3.	Niveau d'application .....	55
3.7.	Conclusion.....	55

## Chapitre 4 : Conception & Implimentation

4.1.	Introduction .....	57
4.2.	Les outils Utilisés .....	57
4.2.1.	Ressources matérielles : .....	57
4.2.2.	Ressources logicielles : .....	58
4.3.	Modélisation conceptuelle .....	59
4.4.	Étude de cas : Application de notre méthode .....	65
4.4.1.	Présentation de l'étude de cas.....	65
4.4.2.	Application du notre méthode.....	73
4.4.2.1.	Interface de l'application.....	73
4.4.2.2.	Login de L'Admin.....	74
4.4.2.3.	Login de décideur .....	75
4.4.2.4.	Interface de critères .....	75
4.4.2.5.	Fonctionnement de décideur :.....	76
4.4.2.6.	Contraction matrice d'importances des critères.....	79
4.4.2.7.	Interface de Alternatives .....	81
4.4.2.8.	Matrice d'évaluation des alternatives pour chaque décideur.....	82
4.4.2.9.	Matrice de normalisation des alternatives.....	82
4.4.2.10.	Matrice de solution .....	82
4.4.2.11.	Filtrage des solutions.....	83
4.5.	Conclusion.....	85
	<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>86</b>

# Liste des figures

Figure 1.1 : Les acteurs principaux de SOA [2].	<b>5</b>
Figure 1.2 : Cycle de vie d'un service web [7].	<b>9</b>
Figure 1.3 : Composition des services web [10].	<b>10</b>
Figure 1.4 : Cycle de vie d'une composition des services web [11].	<b>11</b>
Figure 1.5 : Classification des méthodes de composition de services [12].	<b>13</b>
Figure 1.6: Orchestration [3].	<b>15</b>
Figure 1.7: Chorégraphie [3].	<b>15</b>
Figure 1.8: Exemple de composition des services Web « Planification de voyage » [8].	<b>19</b>
Figure 1.9 : Sélection locale [15].	<b>20</b>
Figure 1.10 : Sélection globale [15].	<b>21</b>
FIGURE 2.1. Processus décisionnel de Simon	<b>25</b>
FIGURE 2.2. La structure hiérarchique	<b>32</b>
FIGURE 3.1. Exemple de composition de services [3]	<b>44</b>
FIGURE 3.2. Structure d'un problème de choix (sélection) (Alpha)	<b>45</b>
FIGURE 3.3. Hiérarchie des systèmes d'aide à la décision	<b>46</b>
FIGURE 3.4. Processus de notre contribution	<b>50</b>
FIGURE 3.5. Architecture de notre méthode	<b>54</b>
FIGURE 4.1. Logo de Excel & VBA	<b>58</b>
FIGURE 4.2. Logo de StarUML	<b>59</b>
FIGURE 4.3. Diagramme de cas d'utilisation : Vue de l'administrateur	<b>61</b>
FIGURE 4.4. Diagramme de cas d'utilisation : Vue du décideur	<b>62</b>
FIGURE 4.5. Diagramme de classes	<b>63</b>

FIGURE 4.6. Diagramme de Séquence : Évaluation des critères et des alternatives	<b>64</b>
FIGURE 4.7. Diagramme de Séquence : Exécution du processus de sélection	<b>65</b>
FIGURE 4.8. Structure hiérarchique du problème de sélection de billet d'avion, réservation d'hôtel et location	<b>73</b>
FIGURE 4.9. Interface de l'application	<b>74</b>
FIGURE 4.10. Interface : Login Admin	<b>75</b>
FIGURE 4.11. Interface : Login Décideur	<b>75</b>
FIGURE 4.12. Interface de critères	<b>76</b>
FIGURE 4.13. Classement des billets	<b>77</b>
FIGURE 4.14. Classement des locations	<b>78</b>
FIGURE 4.15. Classement des hôtels	<b>78</b>
FIGURE 4.16. Matrice d'importances des critères	<b>79</b>
FIGURE 4.17. Matrice de normalisation	<b>79</b>
FIGURE 4.18. Matrice des critères de décision en % relatives(cas de service de billet )	<b>81</b>
FIGURE 4.19. Calcul des indices (Cas de service de billet )	<b>81</b>
FIGURE 4.20. Tableau des indices des cohérences (cas de service de billet )	<b>81</b>
FIGURE 4.21. Interfaces des alternatives(cas de service de billet )	<b>81</b>
FIGURE 4.22. Matrice d'évaluation de l'alternative « Cout »	<b>82</b>
FIGURE 4.23. Matrice de normalisation de l'alternative « Cout »	<b>82</b>
FIGURE 4.24. Matrice de solutions(cas de service de billet )	<b>83</b>
FIGURE 4.25. Filtrage de solution (cas de service de billet )	<b>83</b>
FIGURE 4.26. Graphe d'illustration de score final (cas de service de billet)	<b>84</b>
FIGURE 4.27. Graphe d'illustration de score final (cas de service de Location)	<b>84</b>
FIGURE 4.28. Graphe d'illustration de score final (cas de service d'Hôtel)	<b>85</b>

# **Liste des TABLEAUX**

Tableau 2.1 : Les quatre problématiques décisionnelles de référence.	28
Tableau 2.2 : Echelle de comparaison binaire de saaty.	33
Tableau 2.3 : Matrice des comparaisons binaires.	33
Tableau 2.4 : Calcul de $\lambda_{max}$ .	35
Tableau 2.5 : L'indice aléatoire RI.	35
Tableau 4.1 : les fonctions d'agrégations pour les services composites [3]	68

# Introduction

Générale  
Générale

## *Introduction Générale*

---

Dans le cadre du processus d'aide à la décision, les décisions sont toujours prises pour résoudre les problèmes, qui peuvent être prises individuellement ou collectivement. Cependant, quelle que soit l'échelonnement du processus de prise de décision, il est souvent créé selon le même processus de prise de décision traditionnel, de l'identification du problème à sa résolution en rassemblant des informations, puis en les analysant, puis en aboutissant à la création de solutions potentielles, et enfin, vous devez en choisir une et lâcher prise. Autres possibilités.

En fait, dans la prise de décision individuelle, les enjeux sont souvent si importants qu'il n'est pas possible de risquer de prendre une décision qui est soumise uniquement à une vision personnelle qui ne repose pas sur l'expérience antérieure. De plus, dans le cadre de la décision de groupe, il existe un risque que les décideurs ne parviennent pas à un accord rapidement, entraînant une perte de temps importante entraînant d'autres pertes.

Pour prendre une décision importante, les décideurs doivent se tourner vers l'assistance qui peut intervenir à différentes étapes du processus décisionnel.

Dans le domaine du « services web basse Qos », et vu des recherches que nous avons menées, nous n'avons abordé aucun travail basé sur les multi-décideurs, et donc cette mémoire vise à exploiter cette faille et à construire un système pour gérer les Qos dans la composition de services web en présence de multi décideurs.

Le premier chapitre présente le contexte de notre projet, les services web et la composition des sévices basée Qos. Ensuite, le deuxième chapitre est un état de l'art sur les différentes méthodes de décision quelle que soi multi critère ou collective, ensuite on a présente la contribution, là où notre proposition sera bien définie est bien détaillé. Finalement le dernier contient une implémentation de notre proposition et les résultats atteindre

# Chapitre 1

Composition des services web basée QOS

## **1.1. Introduction**

La composition des services Web peut être décrite simplement comme le processus d'agrégation de fonctions complètement différentes en de nouveaux services composites pour répondre aux besoins de plus en plus complexes des utilisateurs. Lorsqu'il s'agit de fonctions complètement différentes, le processus de composition des services est très précis, mais au fil des ans, en particulier le nombre de services Web avec des fonctions similaires et une qualité de service variable (QoS) a considérablement augmenté. Par conséquent, la question est de savoir comment choisir le service Web approprié pour maximiser la QoS du service composite final ou, dans certains cas, le minimiser. Il s'agit d'un problème difficile car il est à la fois complexe et difficile à résoudre.

## **1.2. Architecture Orientée Service (SOA) :**

### **1.2.1. Définition de SOA :**

*« Une architecture orientée services (notée SOA pour Services Oriented Architecture) est une architecture logicielle s'appuyant sur un ensemble de services simples. Elle permet de décomposer une fonctionnalité en un ensemble de fonctions basiques, appelées services, fournies par des composants et de décrire finement le schéma d'interaction entre ces services. Lorsque l'architecture SOA s'appuie sur des web services, on parle alors de WSOA, pour Web Services Oriented Architecture [1] ».*

### **1.2.2. Les acteurs de SOA :**

L'architecture SOA est basée sur trois participants, à savoir le fournisseur de services, le client de service et l'annuaire de publication [2]:

- Le fournisseur de services (Service Provider) : met en œuvre le service web et le rend

accessible à tous sur Internet.

- Le client de services (Service Requester) : un consommateur qui a besoin de services Web spécifiques pour répondre à ses besoins.
- L'annuaire de publication (Service Registry) : offre au consommateur un endroit où trouver de nouveaux services web et le fournisseur à une description des nouveaux services Web.

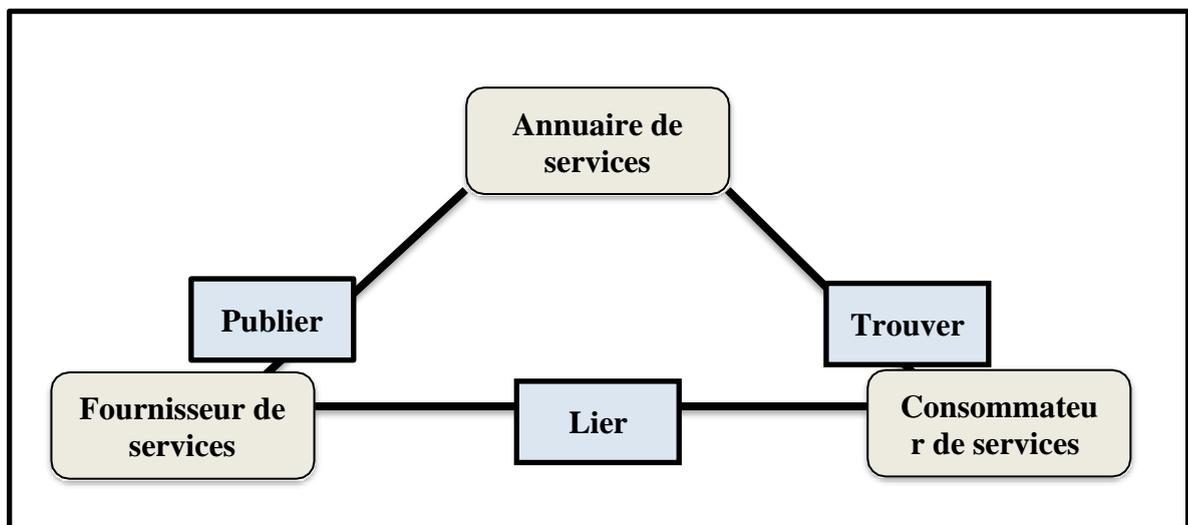


FIGURE 1.1 : Les acteurs principaux de SOA [2].

### **1.2.3. Les Caractéristiques de SOA**

Les caractéristiques de l'architecture orientée services sont :

1. Faible couplage entre services: signifie qu'un service n'appellera pas directement un autre service.
2. Réutilisation des services.
3. Indépendance vis-à-vis des aspects technologiques: c'est à dire. Les services avec cette architecture sont indépendants de ses plateformes.
4. La découverte des services disponibles.

5. La mise à l'échelle est possible en détectant et en invoquant de nouveaux services pendant l'exécution [3].

### **1.3. Service web : « une instance de l'architecture SOA »:**

#### **1.3.1. Définition**

Il existe plusieurs définitions des services Web :

➤ **IBM(International Business Machines Corporation)**

*« Un service Web est un ensemble de fonctions d'application associées qui peuvent être invoquées via Internet. Les entreprises peuvent mélanger dynamiquement et combiner les services Web pour effectuer des transactions complexes avec une programmation minimale. Les services Web permettent aux clients du monde entier de se découvrir, de se connecter dynamiquement et d'exécuter des transactions en temps réel avec une interaction minimale ».*

➤ **W3C(World Wide Web Consortium)**

*« Un service Web est un composant logiciel identifié par une URI (Uniform Resource Identifier), dont les interfaces publiques sont définies et appelées en XML (Extensible Markup Language). Sa définition peut être découverte par d'autres systèmes logiciels. Les services Web peuvent interagir entre eux d'une manière prescrite par leurs définitions, en utilisant des messages XML portés par les protocoles Internet » [4].*

#### **1.3.2. Les Technologies des services web**

Le concept des Services Web s'articule actuellement autour des technologies suivantes :

##### **1. HTTP (HyperText Transfer Protocol)**

Littéralement « protocole de transfert hypertexte », est un protocole de communication informatique client-serveur développé pour le World Wide Web. Lorsqu'un visiteur visite un site Web, il est utilisé pour transférer des documents (documents HTML, images, feuilles de style, etc.) entre un serveur HTTP et un navigateur Web [5].

### **2. XML (Extensible Markup Language ou langage de balisage extensible) :**

XML est un standard du World Wide Web Consortium et sert de base à la création de langages de balisage spécialisés, c'est un "méta langage". Pour les langages basés sur XML, c'est déjà assez général. Aussi connu sous le nom de dialecte XML, peut être utilisé pour décrire diverses données et textes [5].

### **3. SOAP (Simple Object Access Protocol)**

SOAP est un protocole de communication pour l'échange d'informations dans un environnement décentralisé et distribué. L'échange de messages SOAP est basé sur un modèle de requête / réponse.

Un message SOAP se compose de trois parties ou blocs: une enveloppe (Envelope), un en-tête (Header) et un corps (Body).

- Enveloppe : représente les informations sur le message transmis;
- En-tête du message : est un élément facultatif imbriquée dans l'enveloppe, permet de passer dans le message SOAP des informations complémentaires;
- Corps de message: représente les informations à transmettre [6].

### **4. WSDL (Web Services Description Language)**

WSDL est une application XML créée pour décrire et publier des interfaces et des protocoles de service Web de manière standard. L'interface du service Web est nécessaire car elle évite de décrire

l'interaction spécifique de chaque serveur Web. WSDL fournit un format commun pour décrire et publier des interfaces et des protocoles liés aux services Web [6].

### **5. UDDI (Universal Description Discovery and Integration)**

UDDI est un standard pour décrire un annuaire de services Web. Il permet de publier (fournisseur de services) et de découvrir (utilisateur de services) un service Web. Il a été créé pour faciliter la découverte de services Web en plus de leurs publications. UDDI est un annuaire orienté Business pour services les Web.

Un annuaire UDDI peut être consulté de différentes manières :

- Pages blanches : fournir des informations sur le fournisseur de services ;
- Pages jaunes : indiquez ce que fait le service (document WSDL)
- Pages vertes: fournir des informations techniques sur les services [6].

### **1.3.3. Cycle de vie d'un service web**

Le fournisseur de service Web publie d'abord ses services web. Ensuite, la Figure 1.2 explique les étapes du cycle de vie d'un service web :

- 1) Le client envoie une requête à l'annuaire de Service pour trouver le service Web dont il a besoin.
- 2) L'annuaire a trouvé le service approprié, il envoie l'information du serveur qui l'héberge.
- 3) Le client demande quel est le contrat du service web que tu proposes ?
- 4) Le serveur envoie sa réponse sous la forme établie par WSDL en langage XML.
- 5) Le client appelle le service web sous la forme établie par SOAP en langage XML.

6) Le serveur envoie le résultat du service web sous la même forme normalisé [7].

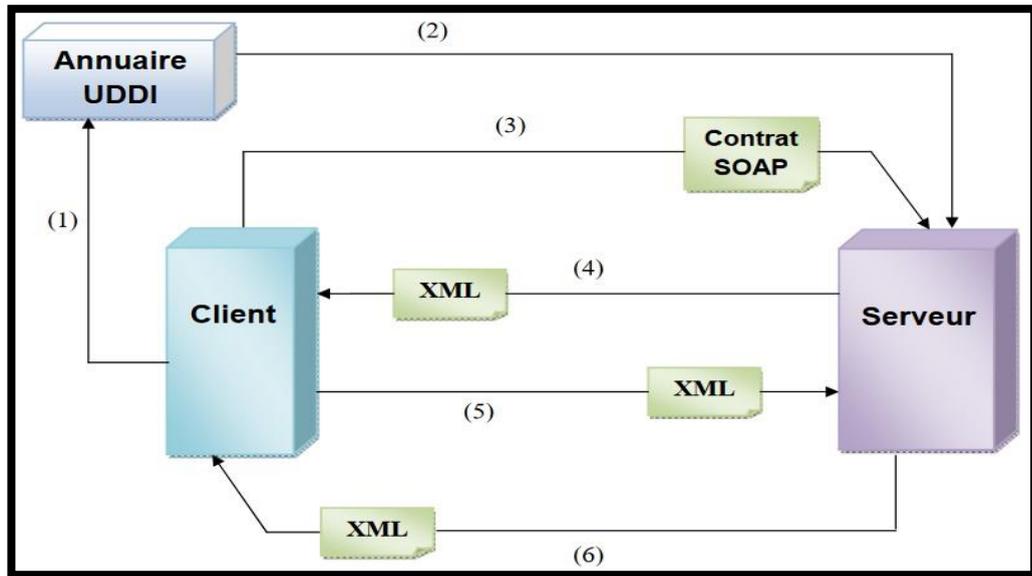


FIGURE 1.2 : Cycle de vie d'un service web [7].

### **1.3.4. Les propriétés d'un service Web**

Il existe deux types de propriétés :

#### **1. Les propriétés fonctionnelles d'un service**

Les propriétés fonctionnelles d'un service web signifient les opérations qu'il peut fournir. Les propriétés fonctionnelles sont décrites dans la description du service en termes d'opérations et reflètent le fonctionnement du service [4].

#### **2. Les propriétés non fonctionnelles d'un service**

Les propriétés de service non fonctionnelles sont également appelées qualité de service (QoS). Il s'agit d'un ensemble de propriétés et de caractéristiques d'une entité ou d'un service qui lui permet de répondre à des besoins déclarés ou implicites [3].

Divers critères de qualité de service peuvent être pris en compte, tels que le temps d'exécution d'un

service, le coût d'un service, la réputation d'un service, la disponibilité d'un service et la fiabilité d'un service.

## **1.4. Composition des services web**

### **1.4.1. Définition**

La composition des services Web est le processus de création de nouveaux services Web à valeur ajoutée à partir de deux ou plusieurs services Web qui existent déjà et sont publiés sur le Web comme il est indiqué dans la figure 1.3.

Lorsque l'exécution d'un service Web implique des interactions avec d'autres services Web et l'échange de messages entre eux afin d'utiliser ses fonctions, il est appelé service Web composite. La composition des services Web spécifie quels services doivent être appelés, dans quel ordre et comment gérer les conditions d'interaction.

L'objectif principal de la composition de service Web est la possibilité de créer de nouvelles fonctionnalités d'un nouveau service Web, en combinant des fonctionnalités offertes par d'autres services Web existants. Elle implique la capacité de sélectionner, de coordonner, d'interagir, et de faire inter-opérer des services Web existants. [9].

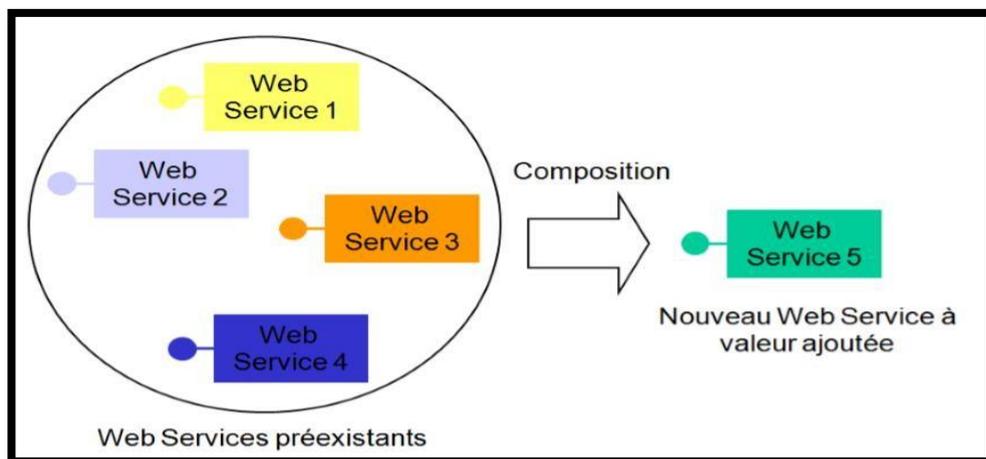


FIGURE 1.3 : Composition des services web [10].

### 1.4.2. Cycle de vie d'une composition des services Web

Le cycle de vie de la composition des services Web comprend quatre étapes pour passer d'un ensemble de services à une composition de services correctement structurée de la spécification à la composition concrète exécutable :

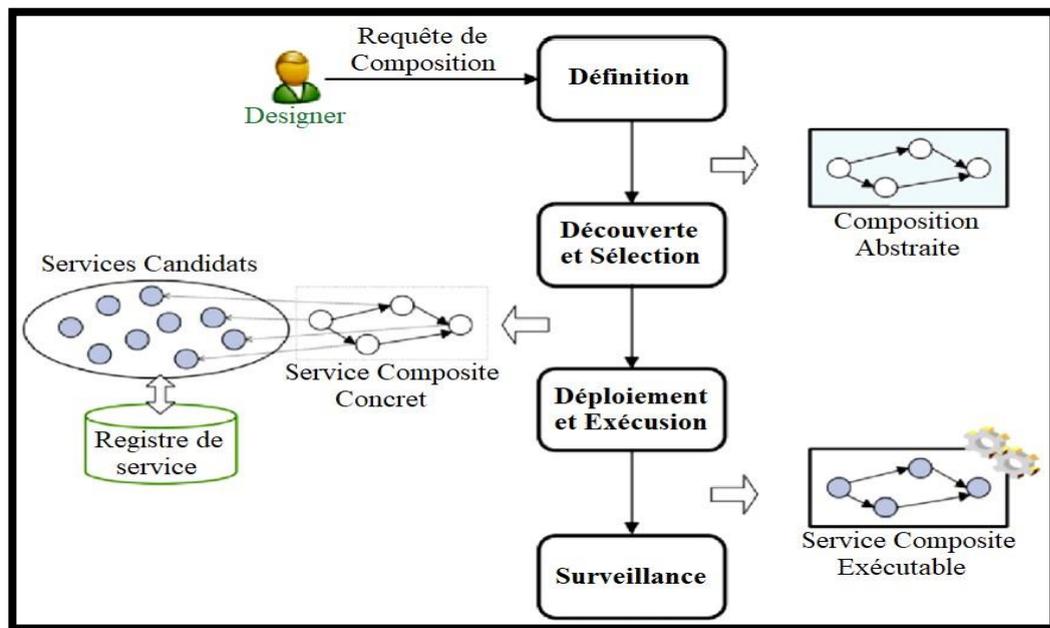


FIGURE 1.4 : Cycle de vie d'une composition des services web [11].

- **Étape de définition** : cette étape est réalisée pour déterminer les fonctions attendues du service en raison de la composition des services. Ces fonctions peuvent être données sous la forme d'une description abstraite, c'est-à-dire la composition abstraite de services qui représentent les exigences fonctionnelles de l'utilisateur. La description définit l'interaction entre les services abstraits d'une part, et les exigences de QoS pour le service composite d'autre part.
- **Étape de découverte et de sélection** : cette étape comprend l'identification des services requis par la composition pour répondre aux exigences fonctionnelles préalablement déterminées. La recherche dans le registre des services permet de découvrir des services correspondant aux fonctions de chaque service abstrait de la composition. Cette recherche

s'appuie généralement sur une description (syntaxique ou sémantique) des services disponibles. Le résultat de l'étape de découverte consiste généralement en plusieurs services candidats aux fonctions similaires mais aux propriétés non fonctionnelles (notamment associées à la QoS). L'étape de sélection peut déterminer les services les plus appropriés pour la composition parmi tous les services candidats déterminés précédemment sur la base des propriétés non fonctionnelles.

- **Étape de déploiement et d'exécution** : à cette étape, les services candidats précédemment sélectionnés sont déployés sur des plateformes, permettant aux utilisateurs finaux de les instancier et de les invoquer. Le service composite instancié est exécuté par le moteur d'exécution, qui est également responsable de l'appel des services de composants. L'exécution d'un service composite peut être traitée comme une séquence d'échanges de messages entre services composants. Cet échange constitue le transfert des données de sortie du service composant vers les services composants qui le suivent directement dans la description du service composite.
- **Étape de surveillance** : Le processus de surveillance contrôle l'exécution des instances de services composites pour comprendre clairement comment les services composites et leurs services de composants évoluent dans l'environnement d'exécution. Le suivi de la composition de services comprend diverses activités, notamment :
  - ✓ (1) la journalisation et la visualisation des détails d'exécution du service composite et des instances de services composants,
  - ✓ (2) l'obtention des statistiques de QoS à partir de l'analyse des données d'exécution du service composite et de celles des services composants,
  - ✓ (3) la vérification des exigences fonctionnelles, ainsi que l'évaluation des propriétés non fonctionnelles du service composite. [11].

### **1.4.3. Méthodes de composition de services**

L'idée de la composition des services Web est de définir comment les services Web vont être rassemblés selon certaines règles, pour atteindre l'objectif demandé par un utilisateur. Une fois la description de la composition effectuée, il est possible de savoir facilement quels services web appartiendront à cette composition. Les solutions proposées peuvent être classées selon deux axes [9]:

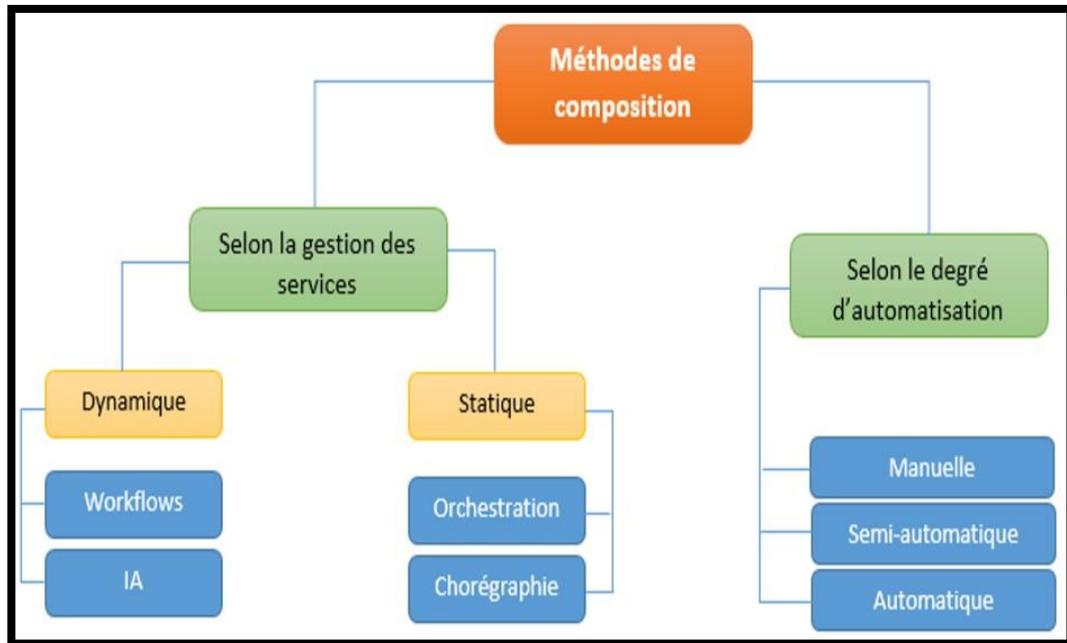


FIGURE 1.5 : Classification des méthodes de composition de services [12].

### 1.4.3.1. Classification selon le degré d'automatisation

Selon le degré d'automatisation de la composition, cela peut se faire de trois manières différentes :

- **La composition manuelle**

La composition manuelle des services Web suppose que l'utilisateur gère la composition à la main via un éditeur de texte et sans l'aide d'outils dédiés.

- **La composition semi-automatique**

Les techniques de composition semi-automatiques sont un pas en avant en comparaison avec la

composition manuelle, dans le sens qu'elles font des suggestions sémantiques pour aider à la sélection des services Web dans le processus de composition.

- **La composition automatique**

La composition totalement automatisée prend en charge tout le processus de composition et le réalise automatiquement, sans qu'aucune intervention de l'utilisateur ne soit requise. [9] [12].

### **1.4.3.2. Classification selon la gestion des services**

Selon que la sélection et la gestion des services se font a priori ou non, les méthodes de composition des services sont divisées en deux catégories: les méthodes statiques et les méthodes dynamiques [12].

- **La composition statique des services web**

Cette méthode de composition peut être appliquée dans des environnements « stables » où les services Web participants sont toujours disponibles et où le comportement du service composite est le même pour tous les clients. La composition des services web prend place durant la période de conception. Les composants sont choisis, reliés entre eux et, compilés et déployés. Le service composite ainsi obtenu fonctionnera bien tant que son environnement et les services qui le composent ne changent pas ou ne changent que rarement [3].

La composition statique des services Web peut être développée de deux manières différentes : l'orchestration et la chorégraphie.

#### **A. L'Orchestration**

Une orchestration assemble les services web en un processus métier exécutable qui doit être exécuté par un moteur d'orchestration. L'orchestration de services Web (Figure 1.6) implique la programmation d'un moteur qui appelle un ensemble de services Web selon un processus prédéfini. Ce moteur définit le processus dans son ensemble et appelle les services Web (internes et externes à l'organisation) dans l'ordre des tâches d'exécution [3].

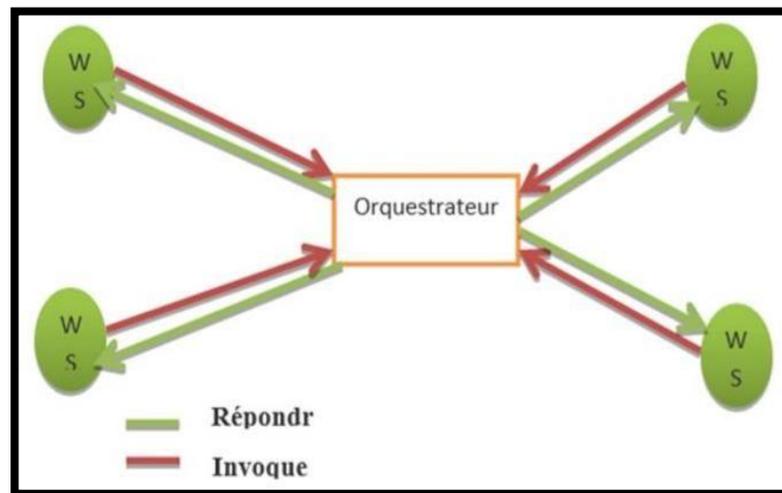


FIGURE 1.6: Orchestration [3].

### B. Chorégraphie

La chorégraphie n'implique pas de contrôle centralisé, le contrôle est partagé entre les participants en interaction. Une orchestration représente un processus exécutable à exécuter par un moteur d'orchestration en un seul endroit, tandis que la chorégraphie représente essentiellement une description de la façon de répartir le contrôle entre les participants qui collaborent, en utilisant plusieurs moteurs pour effectuer le travail [3].

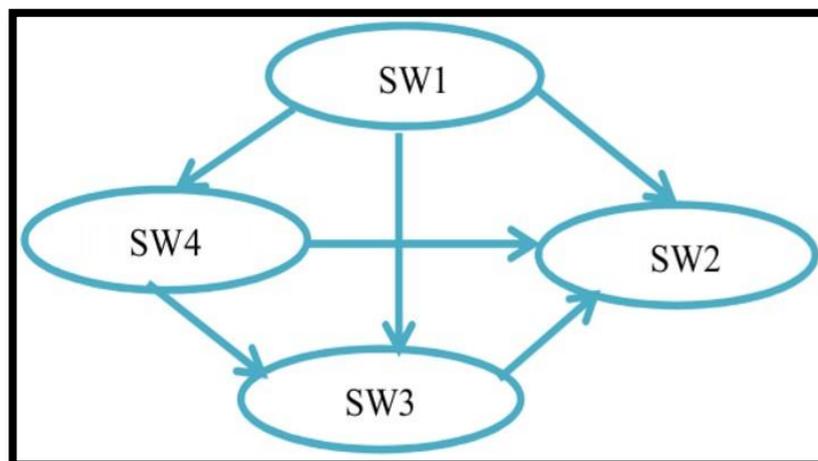


FIGURE 1.7: Chorégraphie [3].

- **La composition dynamique des services web**

Dans ce type de composition, les services web à composer sont déterminés lors de l'exécution de la demande d'un client. Ils peuvent être déterminés en fonction des contraintes de chaque client, de la disponibilité des services web, etc. La composition dynamique apparaît la plus intéressante d'une part, elle promet de pouvoir faire face à un environnement très dynamique dans lequel les services apparaissent et disparaissent rapidement. D'autre part, il permet de mieux satisfaire les besoins de chaque client en minimisant son intervention [3].

Les différentes approches existantes pour la composition dynamique des services peuvent être regroupées en deux flux, des approches basées sur des workflows et des approches basées sur des techniques d'intelligence artificielle [12]:

### **A. Approches orientés Workflow**

Un workflow est une abstraction d'un processus de type business. Il est composé d'un nombre d'échelons logiques (aussi appelés tâches ou activités), de dépendances entre tâches, de règles et de participants. Dans un workflow, une tâche peut représenter une activité humaine ou un système (logiciel). Il est nécessaire d'associer une tâche à un service quand le workflow est appliqué aux services web. Une composition d'un workflow implique la sélection de tâches appropriées à des fonctionnalités désirées, devant prendre en compte les connections entre ces tâches (flux de contrôle et de données). Les workflows qui gèrent les services web (aussi appelé de e-Services) sont appelés des e-workflows.

Les compositions de service qui utilisent cette approche sont normalement basées sur des workflow manuels, également appelés statiques. Dans le workflow manuel, l'utilisateur doit définir toutes les tâches et dépendances parmi les données. Chaque tâche contient des requêtes qui permettent de rechercher des services concrets pour la satisfaire, puis de l'exécuter. Dans ce cas, seules la sélection et la liaison du service se font automatiquement.

En ce qui concerne les compositions dynamiques, le modèle de processus ainsi que la sélection du service se font automatiquement. A cet égard, une composition automatique nécessite des workflows

capables de reconnaître les services web correspondant à chaque tâche, mais aussi de trouver d'autres services dans le cas où ceux-ci ne seraient pas disponibles ou s'écarteraient de leur exécution normale [9].

### **B. Approches orientées intelligence artificielle**

Plusieurs recherches récentes dans le domaine de la composition sont basées sur des techniques d'intelligence artificielle, dans ce qui suit nous présentons quelques axes de recherche concernant la composition par planification et par SMA:

#### **✓ La planification**

La planification en intelligence artificielle est le processus qui crée une série d'actions menant à un état final à partir d'un état initial. Le plan peut être vu comme une représentation de l'organisation des actions dans l'espace et dans le temps.

Le problème de composition des services Web peut être défini comme un problème de planification, dans lequel les services sont modélisés comme des actions et la composition comme un plan de connections des services Web [13] [11].

#### **✓ Systèmes Multi-Agents (SMAs)**

En raison de leur autonomie et de leur hétérogénéité, la composition des services Web peut être considérée comme un système multi-agents, où les agents sont les services Web, chacun servant à répondre à une partie de la demande de l'utilisateur avec ses propres capacités.

Müller et Kowalczyk travaillent sur un système multi-agent pour la composition de services basé sur la concurrence entre coalitions de services: les agents représentant les services se contactent les uns les autres pour proposer leurs services en fonction de leur capacité de raisonnement et ainsi former des coalitions d'agents capables de résoudre les buts fournis par l'agent utilisateur. Puis les différentes coalitions vont faire une offre la plus compétitive possible. Chaque solution reçoit une note de l'agent utilisateur. C'est donc la solution ayant le plus haut score qui sera choisie. Ainsi,

seuls les services Web correspondant le plus aux attentes de l'utilisateur seront utilisés dans la composition [14].

### **1.5. La sélection de services web**

La sélection de services web consiste à choisir parmi les services déjà découverts ceux qui répondent le mieux aux demandes sur les besoins fonctionnels et / ou non fonctionnels des utilisateurs.

Les critères de QoS aident généralement les besoins non fonctionnels des services Web à s'exprimer. Ceux-ci sont constitués d'attributs positifs et négatifs. Les valeurs des attributs négatifs doivent être minimisées (temps de réponse, coût, etc.), tandis que celles des attributs positifs doivent être maximisées (disponibilité, fiabilité, etc.). Afin de simplifier les calculs, nous considérons uniquement les attributs positifs, pour les négatifs, il suffit de multiplier leurs valeurs par (-1).

Et pour sélectionner les compositions des services Web, on doit alors assigner un service Web à chaque classe. L'ensemble des plans d'exécution possibles est combinatoire : pour N classes avec un choix parmi M services pour chacune, il y a  $M^N$  de compositions possibles.

Pour présenter les problématiques de la sélection des compositions de services « QoS-aware service composition », on considère la situation suivante :

On suppose qu'il y a un utilisateur qui veut planifier un voyage, pour cela, il a besoin de consommer 3 types de services au minimum, une réservation de billet d'avion, une réservation d'hôtel et une location d'un Taxi comme le montre la (figure 1.8). On note aussi qu'on doit sélectionner un seul service (ou entreprise, fournisseur,...) de chaque catégorie (ou classe) en utilisant les critères de QoS (réputation, fiabilité, coût, temps d'exécution...). En plus, l'utilisateur exige des contraintes globales sur chaque critère de QoS. Une contrainte globale qui s'applique sur les 3 services sélectionnés, par exemple le coût total des 3 services ne doit pas excéder une certaine limite [8].

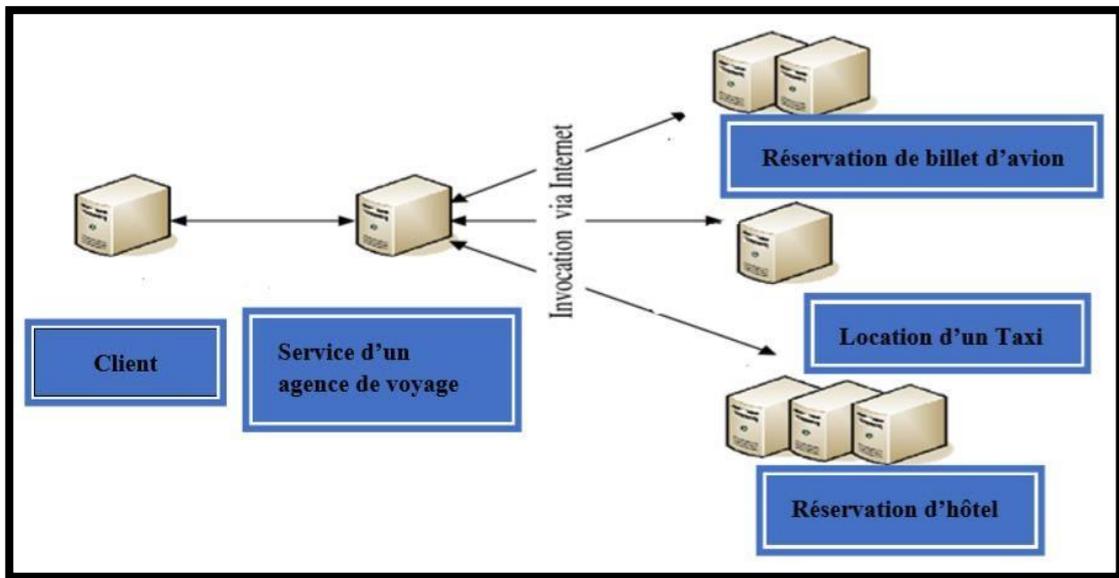


FIGURE 1.8: Exemple de composition des services Web « Planification de voyage » [8].

### 1.5.1. Stratégie de sélection

Il existe 3 types d'approche possibles: la sélection globale, la sélection locale et la sélection hybride.

#### 1.5.1.1. Sélection locale

Elle a pour objectif de choisir le meilleur Web service pour chaque tâche individuelle à part entière en considérant des contraintes de QoS relatives à chaque tâche plutôt qu'en considérant des contraintes de QoS globales exprimées pour l'ensemble des tâches. Il s'agit de sélectionner pour chaque tâche un Web service apte à l'exécuter en tenant en compte les contraintes de l'utilisateur. En d'autres termes, cela revient à choisir pour chaque ensemble de candidats  $S_i$  un Web service  $S_{ij}$  qui vérifie au mieux les contraintes de QoS définies par l'utilisateur. La Figure 1.9 décrit la stratégie de sélection locale [15].

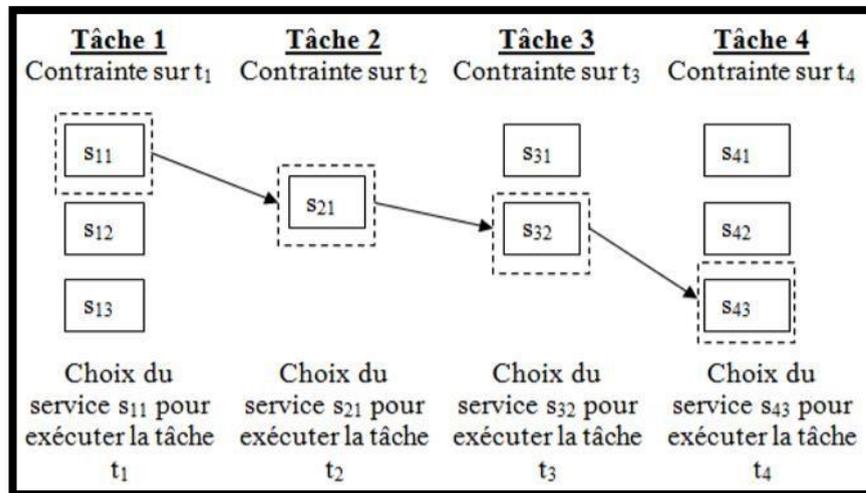


FIGURE 1.9 : Sélection locale [15].

### ✓ **Avantages**

- ❖ Simple à mettre en œuvre ;
- ❖ Trouve le meilleur Web service adéquat pour chaque tâche;
- ❖ Parvient à trouver une bonne solution dans des temps de calcul raisonnables.

### ✓ **Inconvénients**

- ❖ Il arrive que la composition de Web services peut être cachée à l'utilisateur, c'est-à-dire, il n'arrive pas à distinguer entre les services simples et les services composites;
- ❖ L'utilisateur ne peut pas définir des contraintes sur la totalité de la composition. [15].

#### **1.5.1.2. Sélection globale**

Contrairement à la méthode précédente, on choisit la combinaison de Web services qui garantit la meilleure qualité globale en tenant compte des contraintes de QoS et des préférences globales assignées pour l'ensemble des tâches.

Afin de pouvoir appliquer une stratégie de sélection globale, on calcule la valeur des critères de QoS relative au service composite. Le calcul de ces critères s'appuie sur l'application de fonctions d'agrégation. Ensuite, on choisit la combinaison qui offre les meilleures valeurs de QoS parmi toutes les combinaisons possibles par rapport aux contraintes et aux préférences de l'utilisateur. La Figure .110 décrit la stratégie de sélection globale [15].

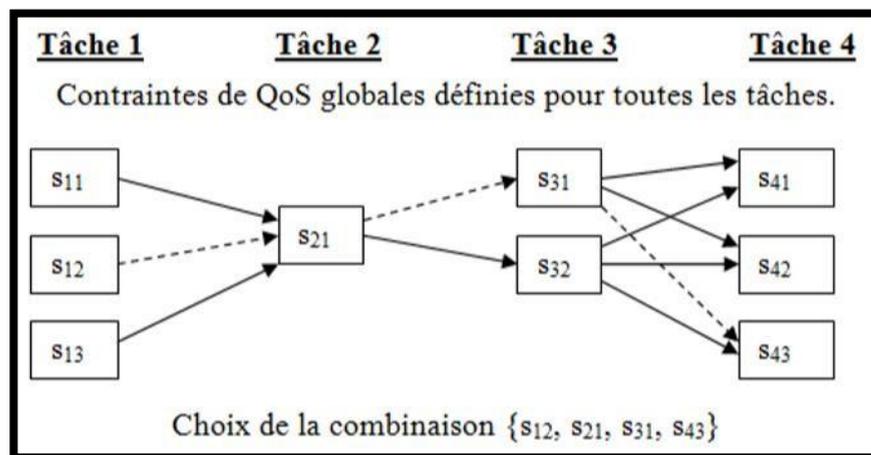


FIGURE 1.10 : Sélection globale [15].

### ✓ Avantages

- ❖ L'utilisation des contraintes globales sur l'ensemble de la composition est plus évidente pour l'utilisateur car il ne peut pas distinguer entre les différents services composants.

### ✓ Inconvénients

- ❖ Le nombre de combinaisons possibles augmente exponentiellement avec le nombre de tâches et de candidats [15].

### 1.5.1.3. Sélection hybride

C'est un compromis entre ces deux approches, il commence la recherche avec l'optimisation globale, puis inclut le travail avec l'optimisation locale, sa complexité temporelle est inférieure à l'optimisation globale, et peut également manipuler des contraintes globales [7].

## **1.6. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la composition des services Web basés sur la qualité de service. Nous commençons par introduire généralement l'architecture orientée services, la technologie des services web et le concept de QOS. Ensuite, nous présentons les concepts de base liés au problème de la composition des services Web et de la sélection des services Web.

Dans le chapitre suivant, nous présentons la méthode de prise de décision multicritères qui est l'un des moyens d'aider les utilisateurs à sélectionner le meilleur service en fonction de leurs préférences.

# Chapitre 2

La décision multicritère et collective

## **2.1. Introduction**

Lors de la prise de décision, le nombre de choix peut ne pas toujours être limité ou il peut y avoir de nombreuses alternatives à la décision initiale. Il est également possible qu'il n'y ait pas de sélection appropriée pour ce critère. La prise de décision multicritères est une approche pour évaluer des problèmes avec un nombre fini ou infini de choix. Les décisions importantes sont souvent prises sur la base de décisions collectives, où les différents critères peuvent être représentés par des décideurs qui doivent s'entendre sur un choix commun.

## **2.2. Aide multicritère à la décision**

L'approche monocritère, issue du domaine de l'aide à la décision et de la recherche opérationnelle, vise à trouver la solution optimale pour chaque contexte de décision. D'autre part, l'approche multicritères vise à construire, en coopération avec le décideur, une solution de compromis entre plusieurs critères d'évaluation. Pour mieux comprendre, dans cette section, nous essayons de définir les concepts de base nécessaires [16].

### **2.2.1. Décision**

Une décision est définie comme « *un choix entre plusieurs alternatives* », ou encore par « *le fait qu'elle concerne aussi le processus de sélections de buts et d'alternatives* » [17].

### **2.2.2. Aide à la décision**

L'aide à la décision est « *l'activité de celui qui, en 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* » [18].

### **2.2.3. Le processus décisionnel**

L'activité d'aide à la décision s'articule autour d'un processus de décision qui peut être défini comme suit:

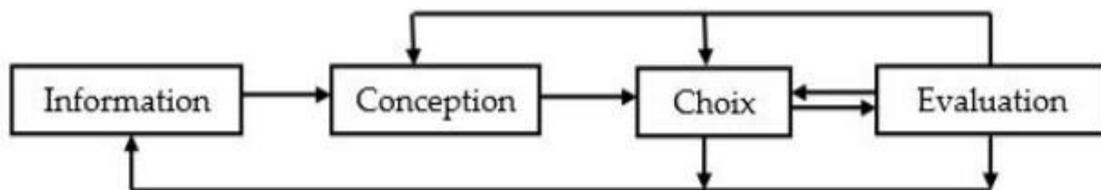
« Le processus de décision est un ensemble d'activités déclenché par un stimulus, et aboutissant à un engagement spécifique à l'action »

Il est nécessaire de distinguer deux phases principales:

**1. La détermination du problème (problem finding):** c'est-à-dire que le décideur détermine quel problème il considère comme soutenu;

**2. La résolution du problème (problem solving):** Il s'agit de la phase la plus étudiée de la réponse à un problème précédemment formulé. Il est possible que les étapes nécessaires pour résoudre le problème conduisent le décideur à reformuler le problème d'origine.

Cette phase de résolution se décompose à son tour en plusieurs étapes décrites par le processus de Simon (le plus célèbre des processus décisionnels disponibles dans la littérature) et qui fonctionne en 4 étapes qui ne sont pas forcément séquentielles: information, conception, choix et évaluation, comme indiqué dans la figure 2.1.



**FIGURE 2.1. Processus décisionnel de Simon**

- **Information:** il s'agit d'identifier et de rassembler toutes les données et informations nécessaires (mais pas nécessairement suffisantes) à utiliser dans les phases suivantes.
- **Conception:** il s'agit d'analyser des données, de collecter et de créer des solutions potentielles, donc simplement de générer différentes alternatives qui créent un ensemble de possibilités.
- **Choix:** Cette étape constitue la phase décisionnelle elle-même. Cela comprend la limitation de l'ensemble des possibilités à un sous-ensemble des possibilités sélectionnées pour répondre au mieux aux exigences de décisions correctes.

- **Evaluation:** pour les trois phases précédentes; solution provisoirement jugée satisfaisante, cette phase peut conduire à la réactivation de l'une des trois phases précédentes ou au contraire à une validation de la solution. [19]

### **2.2.4. Les acteurs de l'aide à la décision**

En aide à la décision, le terme acteur désigne un individu ou un groupe d'individus impliqués dans le processus d'aide à la décision. Il y a 8 acteurs différents [19]:

**1. Le décideur:** c'est lui qui a des problèmes encore très confus dans son esprit et que l'aide à la décision vise à résoudre en l'aidant à mieux exprimer ses préférences par rapport à une situation donnée.

**2. L'homme d'étude (l'informaticien, l'analyste):** c'est lui qui est en charge de l'aide à la décision, il doit à la fois concevoir des modèles et les implémenter dans un processus de Décision.

**3. L'intervenant (l'expert du domaine):** c'est lui qui, par son intervention, conditionne directement la décision selon le système de valeurs dont il est porteur.

**4. L'Agi:** il est concerné par les conséquences de la décision. Il intervient indirectement dans le processus à travers l'image que les autres acteurs se font de ses valeurs et plus concrètement de son système de préférences.

**5. Le demandeur:** il demande l'étude et alloue les moyens.

**6. Le Négociateur:** désigné par un décideur afin de valider la position de ce dernier dans une négociation et rechercher une action compromise.

**7. Le Médiateur:** intervient pour aider les décideurs (ou les négociateurs) à rechercher une action de compromis.

**8. L'arbitre (juge):** intervient en remplaçant les acteurs dans la recherche d'une action compromise.

### **2.2.5. Paradigme monocritère**

L'approche classique de la théorie de la décision consistait en une approche connue sous le nom de paradigme monocritère. Cette approche avait le mérite de conduire à des problèmes mathématiques bien posés qui n'étaient pas toujours représentatifs de la réalité car [16]:

- Plusieurs actions possibles sont rarement comparées sur la base d'un seul critère.
- les préférences sur un critère sont, dans de nombreux cas, difficiles à modéliser par une fonction.
- Lorsqu'il y a plusieurs objectifs, il est impossible de les atteindre tous à la fois.

### **2.2.6. Définition de l'aide à la décision multicritères**

Selon Philippe Vincke: « *L'aide à la décision multicritères vise, comme son nom l'indique, à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision où plusieurs critères souvent contradictoires, doivent être pris en compte, elle permet de modéliser de la manière la plus fidèle possible les préférences d'un expert, une telle modélisation permet ensuite la construction d'outils adaptés et capables d'assister ou de remplacer un décideur sur des problèmes complexes* » [19].

### **2.2.7. Problématiques en aide multicritère à la décision**

Le tableau 2.1 illustre les problématiques multicritères fondamentales [20]:

<b>Problématique</b>	<b>Objectif</b>
<b>P <math>\alpha</math></b>  Un choix ou procédure de sélection.	Informar la décision en choisissant un sous-ensemble aussi petit que possible en vue d'un choix final d'une seule action, ce sous-ensemble contenant les «meilleures» actions (optimales) ou, à défaut, des actions «satisfaisantes».

<b>P <math>\beta</math></b> Un tri ou une procédure d'affectation.	Informar la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie étant définie a priori selon des normes relatives au suivi à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir.
<b>P <math>\gamma</math></b> Un rangement ou une procédure de classement.	Clarifier la décision par un classement obtenu en regroupant tout ou partie (la «plus satisfaisante») des actions en classes d'équivalence, ces classes étant ordonnées, de manière complète ou partielle, selon les préférences.
<b>P <math>\delta</math></b> Une description ou une procédure cognitive.	Informar la décision par une description, dans une langue appropriée, des actions et de leurs conséquences.

**Tableau 2.1 : Les quatre problématiques décisionnelles de référence.**

### **2.2.8. Méthodes d'aide multicritère à la décision**

Les méthodes d'analyse multicritères sont des outils d'aide à la décision développés depuis les années 1960. De nombreuses méthodes ont été proposées pour permettre aux décideurs de faire un bon choix. Pour certains experts du domaine, ce choix existe dans l'esprit du décideur et le processus d'aide à la décision doit le divulguer. Pour d'autres, le processus d'aide à la décision doit créer un tel choix. Dans cette section, nous définirons la terminologie de base et décrirons les différentes méthodes d'aide à la décision multicritères [16].

### **2.2.8.1. Concepts et terminologie**

#### **2.2.8.1.1. Action**

Une action ou alternative désigne un objet sur lequel le processus décisionnel va opérer. C'est l'élément qui fera l'objet de la comparaison. L'action potentielle est une action provisoirement jugée possible par au moins un des participants ou présumée telle par l'homme d'étude en vue d'une aide à la décision [5][4].

#### **2.2.8.1.2. Critère**

Un critère peut être défini comme étant une expression qualitative ou quantitative permettant d'examiner les actions et de les évaluer (Ex: nuisance sonore, puissance moteur, note d'examen, etc.).

Le choix d'une famille de critères n'est pas une opération facile, il doit respecter les conditions suivantes:

- **Exhaustivité** : Il s'agit de n'oublier aucun critère.
- **Cohérence**: Il doit y avoir cohérence entre les préférences locales de chaque critère et les préférences globales, c'est-à-dire si une action a est égale à une action b pour tous les critères sauf un (où elle est plus grande), cela signifie que l'action a est globalement supérieur à l'action b.
- **Indépendance**: il ne devrait y avoir aucune redondance entre les critères. Leur nombre doit être tel que la suppression de l'un des critères ne remplit plus les deux conditions précédentes. [20].

### **2.2.8.2. Démarche générale d'une méthode multicritère**

La démarche multicritères est différente d'une méthode à l'autre, mais pour la majorité des méthodes, les quatre étapes suivantes sont distinguées [19]:

**1. Dresser la liste des actions potentielles** Dans cette étape, nous établissons une liste d'actions potentielles qui seront en concurrence. Cette liste n'est ni exhaustive ni définitive. Il peut évoluer tout au long de l'étude (suppression ou ajout d'actions).

**2. Cerner la famille des critères** Il s'agit d'établir 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.

**3. Etablir la matrice des performances** 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. Pour définir une solution (action) qui fait ressortir une préférence commune (globalement jouissant des meilleures évaluations), les jugements doivent être agrégés.

**4. Agrégation des performances** Afin de définir une solution (action) qui met en évidence les préférences communes (qui ont généralement les meilleures évaluations), les jugements doivent être agrégés. Les méthodes multicritères diffèrent selon la manière dont elles gèrent cette étape finale. Il existe de nombreuses méthodes d'agrégation, et la raison pour laquelle il y en a tant est qu'aucune méthode ne répond à toutes les exigences.

### **2.2.8.3. Classification des méthodes d'AMCD**

Les méthodes d'aide à la décision multicritères peuvent être classées selon le type de problème auquel elles sont confrontées ou selon les formes d'agrégation des critères. Il existe trois classes de méthodes: les **méthodes par agrégation complète**, par **agrégation partielle** et par **agrégation locale** [16].

**1. Agrégation complète:** Dans cette approche d'inspiration américaine, les différents critères sont synthétisés dans une seule fonction mathématique monotone (avec une direction d'évaluation). A partir des évaluations des différents critères, la fonction d'optimisation résultante appelée utilité ou agrégation produit donc une valeur unique évaluant la solution dans son ensemble. L'approche suppose que tous les jugements sont commensurables et transitifs et exclut toute incomparabilité entre deux actions. Les méthodes de cette approche sont bien adaptées aux problèmes où les critères sont indépendants, en d'autres termes, lorsque tous les critères interagissent sur la décision finale. A titre d'exemple de cette approche, nous pouvons citer plusieurs méthodes: MAUT (Multiple Attribute Utility Theory), UTA (Utility Additives), AHP (Analytic Hierarchy Process)

qui est le domaine de notre étude et que nous détaillerons plus loin, etc.

**2. Agrégation partielle:** Cette approche est basée sur la comparaison des actions deux à deux puis une synthèse des résultats de ces comparaisons (c'est d'ailleurs la manière 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 d'agrégation partielle les plus connues, nous citons les familles ELECTRE (Elimination And Choice Translating Reality) et PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). Les inconvénients de cette approche se résument sous la forme des résultats (les réponses sont généralement complexes) et du grand nombre de comparaisons entre les actions (Pour  $n$  actions, il faut effectuer  $n$  fois ( $n-1$ ) comparaisons).

**3. 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 de très grande dimension voire infinie lorsque les actions varient en contenu. À partir d'une solution de départ, la technique permet de rechercher au voisinage de cette solution s'il n'y en a pas de meilleure, et ce à plusieurs reprises. Développé dans le cadre d'une programmation mathématique à objectifs multiples, ce type de méthode alterne les étapes de recherche de solutions et les étapes d'interaction avec les décideurs. Les principales méthodes d'agrégation locale itérative existantes sont: Plm (programmation linéaire multicritère), Stem (Pop), etc. [20].

### **2.2.8.4. La méthode AHP (Analytic Hierarchy Process)**

Le processus d'analyse hiérarchique est une technique structurée pour organiser et analyser des décisions complexes, basée sur les mathématiques et l'expérience. Il a été développé par Thomas L. Saaty dans les années 1980.

Cette méthode permet de résoudre quantitativement un grand nombre de problèmes de décision en développant un modèle d'aide à la décision et permet de transformer des comparaisons par paires établies à une échelle sémantique (à 9 niveaux) en un vecteur de priorité.

Les étapes de la méthode AHP sont les suivantes:

## Chapitre 2 : LA décision multicritère et collective

- **Étape 1:** on décompose le problème complexe en une structure hiérarchique. Cette structure pyramidale se compose toujours au sommet (niveau 0) du sujet de décision, puis d'un niveau de critères de décision (niveau 1), puis d'un niveau des caractéristiques de ces critères (niveau 2) ... Le dernier niveau est celui d'actions.

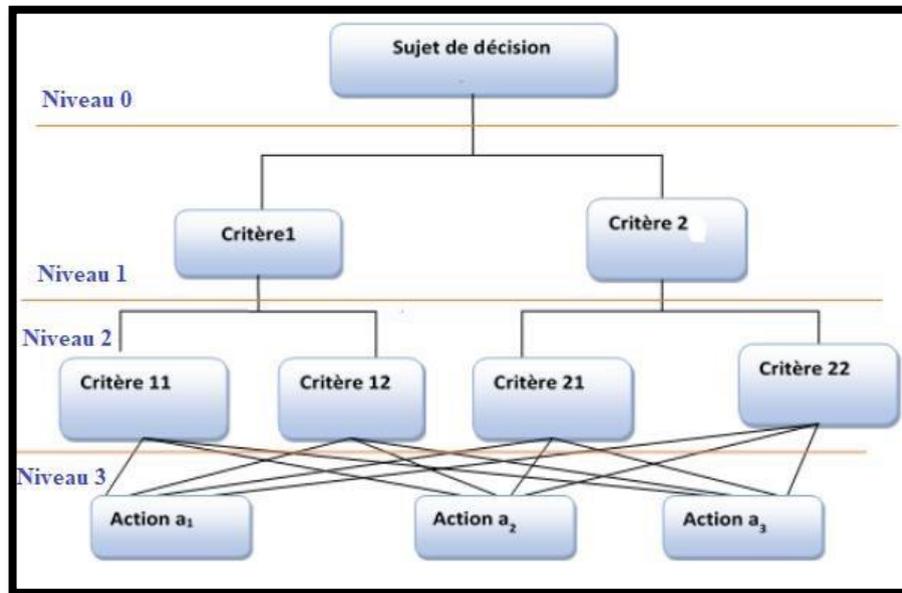


FIGURE 2.2. La structure hiérarchique

Il n'y a pas de règle fixe pour la construction d'une hiérarchie, la structure dépend du type de décision qu'un individu ou un groupe d'individu doit prendre.

- **Étape 2:** Pour chaque niveau du sommet à la base hiérarchique, on doit comparer de manière binaire les critères deux à deux par rapport au critère supérieur en attribuant une note chiffrée sur une échelle prédéfinie.

Appréciation	Degré d'importance
Importance égale de deux critères	1
Faible importance d'un critère par rapport à un autre	3
Importance moyenne d'un critère par rapport à un autre	4

## Chapitre 2 : LA décision multicritère et collective

Importance forte d'un critère par rapport à un autre	5
Importance attestée d'un critère par rapport à un autre	7
Importance absolue d'un critère par rapport à un autre	9

**Tableau 2.2 : Echelle de comparaison binaire de saaty.**

2, 4, 6, 8 : valeurs intermédiaires entre deux jugements utilisé pour affiner le jugement.

Cette étape permet de construire des matrices de comparaisons (tableau 2.3).

	Critère 1.1	Critère 1.2	...	Critère 1.n
Critère 1.1	1	$a_{21}$	...	$a_{n1}$
Critère 1.2	$a_{12}$	1	...	$a_{n2}$
...	...	...	...	...
Critère 1.n	$a_{1n}$	$a_{2n}$	...	1

**Tableau 2.3 : Matrice des comparaisons binaires.**

Avec  $a_{ji} = 1/a_{ij}$

Par convention, la comparaison se fait toujours des éléments de gauche (lignes) aux éléments supérieurs (colonnes), pour comparer les éléments, il faut se poser la question suivante: Dans quelle mesure l'un des éléments possède-t-il d'avantage ou domine, satisfait, profite, contribue-t-il au sujet de décision par rapport à l'autre?

- **Étape 3:** On établit le poids de chaque critère en procédant de la manière suivante:

- ✓ Dans la matrice on divise chaque élément par la somme de sa colonne:

## Chapitre 2 : LA décision multicritère et collective

---

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$$

✓ On calcule ensuite la moyenne arithmétique des nombres sur chaque ligne. Chaque ligne correspond à un critère, la moyenne associée au critère définit son poids ( $p_i$ ) par rapport au critère père (supérieur).

$$p_i = \frac{1}{n} \sum_j b_{ij}$$

$n$  est le nombre de critères à comparer.

Et de cette manière on définit le poids de chaque critère dans la structure hiérarchique.

Remarque: La somme des poids des critères appartenant au même nœud d'arborescence est égale « 1 ».

- **Étape 4:** Cohérence des jugements;

Dans un problème de décision, nos jugements seraient fondés sur des appréciations qui pourraient sembler aléatoire. Cependant, il est difficile de se tenir toujours à une cohérence parfaite, un des avantages majeurs de l'AHP est de pouvoir calculer le ratio de cohérence RC dont la valeur doit être inférieure ou égale 10% pour déduire que les jugements sont cohérents.

Pour calculer cet indice, saaty propose de calculer l'indice de cohérence (IC)

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Avec  $\lambda_{\max}$  est la valeur propre maximale de la matrice de comparaison déduite de la manière suivante :

	Critère 1.1	Critère 1.2	...	Critère 1.n
Critère 1.1	$p_1 \times a_{11}$	$p_1 \times a_{12}$	...	$p_1 \times a_{1n}$
Critère 1.2	$p_2 \times a_{21}$	$p_2 \times a_{22}$	...	$p_2 \times a_{2n}$

## Chapitre 2 : LA décision multicritère et collective

...	...	...	...	...
Critère $1..n$	$p_n \times a_{n1}$	$p_n \times a_{n2}$	...	$p_n \times a_{nn}$
	$d_1$ $= \sum_i p_i \times a_{i1}$	$d_2 = \sum_i p_i \times a_{i2}$	...	$d_n$ $= \sum_i p_i \times a_{in}$

**Tableau 2.4 : Calcul de  $\lambda_{\max}$  .**

Et  $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_j d_j / p_j$

En fin, le ratio de cohérence (RC) est défini par l'expression suivante :

$$RC = IC/RI$$

Où RI est l'indice de cohérence aléatoire issu par simulation (tableau 2.5).

Nombre de critères : n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

**Tableau 2.5 : L'indice aléatoire RI .**

Remarque : Une valeur de RC inférieur à 10% est généralement acceptable, sinon, les comparaisons par paires doivent être révisées pour réduire les incohérences.

- **Étape 5** : Etablir la performance relative de chaque action. [21]

### **2.3. La décision collective**

La décision collective traite les processus dans lesquels plusieurs décideurs sont impliqués, ayant des intérêts divergents, voire conflictuels et prenant part de façon plus ou moins directe à la décision finale. Elle consiste à discuter des choix possibles avec un groupe afin de déterminer une

solution finale. Au travers de cette démarche, il peut s'agir également de chercher avec un groupe toutes les alternatives pour qu'au final une seule personne ne prenne la décision [22].

Dans [23], La théorie de la décision collective ou du choix social notamment le vote, consiste à définir des règles, et des stratégies que les décideurs doivent suivre afin de faire leurs choix sur une ou plusieurs options parmi un ensemble de solutions prédéfinies. Le système de vote doit aussi définir les méthodes d'agrégation des préférences des participants pour définir le résultat final (candidat gagnant). Cette étape en constitue cependant une des difficultés majeures, car elle doit à la fois garantir un choix social équitable, juste et qui correspond au mieux aux volontés des participants. Dans la littérature, plusieurs systèmes de vote ont été proposés et chacun a ses avantages et ses limites. Arrow présente les cinq critères que doit respecter un processus de décision et qui sont :

- **Critère de totalité** : toutes les propositions possibles doivent avoir une chance d'être adoptées.
- **Critère d'universalité**: la procédure doit donner un résultat sur l'ensemble des configurations. On doit toujours pouvoir déduire une volonté collective à partir des volontés individuelles.
- **Critère d'unanimité** : si un candidat est préféré par la totalité des votants, il doit être le gagnant.
- **Critère d'indépendance**: le résultat de comparaison entre deux candidats ne dépend que de leurs positions relatives dans les listes ordonnées fournis par les votants[24].
- **Critère de non dictature** : les préférences d'un individu seul ne doivent pas déterminer le choix collectif.

Le théorème d'impossibilité d'Arrow montre qu'il n'est pas possible de trouver un système de vote qui satisfait tous les critères cités ci-dessus. Par conséquent, chaque système de vote détermine quels critères doivent être respectés sans tenir compte des autres. Plusieurs critères de vote pour déterminer le candidat gagnant ont été proposés. La plupart des systèmes de vote utilisent le critère de la majorité mais il existe bien d'autres critères dont quelques-uns sont cités ci-dessous :

### **2.3.1. Quelques critères de vote**

#### **2.3.1.1. Le critère de la majorité :**

Il s'agit du critère de vote le plus couramment utilisé, par exemple dans le système de suffrage universel direct largement utilisé dans de nombreuses élections politiques. Chaque électeur vote pour au plus un candidat et s'il y a une majorité absolue ( $> 50\%$ ) pour un candidat, il est élu. Sinon, un second tour est organisé entre les deux candidats ayant obtenu les meilleurs votes (vote uninominal à deux tours). Généralement, dans un système de vote à la pluralité (vote uninominal à un tour), Le candidat qui obtient le plus grand nombre de voix (majorité relative) est le vainqueur [23][25].

Exemple (Respect de la majorité dans le système britannique) [26]: Le système électoral en vigueur au Royaume Uni consiste en un vote uninominal à un tour (vote à la pluralité). Pour le comprendre, par exemple, nous prenons  $\{a, b, c\}$  l'ensemble des candidats lors d'une élection comprenant 21 votants dont les préférences sont les suivantes :

10 votants ont les préférences  $a > b > c$ ,

6 votants ont les préférences  $b > c > a$ ,

5 votants ont les préférences  $c > b > a$ .

Le candidat  $a$  recevra 10 voix contre respectivement 6 et 5 aux candidats  $b$  et  $c$ . Le candidat  $a$  est donc élu avec 10 voix sur 21. Il semble néanmoins qu'un tel résultat ne reflète que très imparfaitement les vœux de la majorité des électeurs. On notera en effet qu'une majorité absolue de votants préfère tous les autres candidats à celui qui est élu (11 votants sur 21 préfèrent  $b$  et  $c$  à  $a$ ).

Le système en France consiste en un vote uninominal à deux tours. Au premier tour  $a$  et  $b$  arrivent en tête avec respectivement 10 et 6 voix. En supposant que l'élimination du candidat  $c$  n'affecte pas les préférences des votants concernant les candidats qui se maintiennent au second tour, on obtient alors la situation suivante :

10 votants ont les préférences  $a \succ b$ ,

11 votants ont les préférences  $b \succ a$ .

Le candidat  $b$  emporte alors l'élection avec 11 voix sur 21. Le système de vote à un ou deux tours est le moins expressif. Parce qu'il n'impose le vote qu'à un seul candidat et ne permet donc pas aux électeurs d'exprimer leurs préférences, contrairement aux systèmes de vote par classement. Il présente beaucoup d'inconvénients, par exemple, le candidat désigné comme gagnant peut ne pas correspondre aux préférences des électeurs. Condorcet a apporté alors des solutions pour corriger ces inconvénients [23].

### **2.3.1.2. Le critère de Condorcet :**

Le vote Condorcet est un système de vote par classement dans lequel Chaque votant classe les différents candidats selon son ordre de préférence. Pour chaque paire de candidats, nous vérifions lequel d'entre eux à la priorité sur l'autre. Le gagnant est celui qui est majoritairement plus préféré que tout autre candidat [23][27].

**Exemple [23]** Considérons un ensemble de 50 électeurs qui doivent choisir entre trois candidats  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Chacun de ces électeurs classe les candidats par ordre de préférence. Soit le résultat de vote suivant :

20 électeurs préfèrent  $a \succ c \succ b$ ,

13 électeurs préfèrent  $c \succ b \succ a$ ,

17 électeurs préfèrent  $b \succ c \succ a$ .

Selon le vote à la pluralité le résultat est  $a \succ b \succ c$  alors que si la méthode de Condorcet est appliquée on obtient le classement suivant :

30 électeurs préfèrent  $b \succ a$  contre 20  $a \succ b$ .

30 électeurs préfèrent  $c \succ a$  contre 20  $a \succ c$ .

33 électeurs préfèrent  $c \succ b$  contre 17  $b \succ c$ .

Le résultat de ce scrutin selon Condorcet est  $c > b > a$  qui est contraire au résultat donné par le vote à la pluralité.

Par conséquent, Condorcet a souligné que le vote à la pluralité (majorité relative) n'est pas toujours en mesure de sélectionner le candidat préféré des électeurs. Cependant, le critère Condorcet est une méthode très lourde en termes de coûts de calcul et le nombre de comparaisons à effectuer est pratiquement impossible lorsque le nombre de candidats est très grand. Cela rend difficile l'application dans un contexte réel. De plus, il n'y a pas toujours un vainqueur de Condorcet nous appelons ce problème le **paradoxe de Condorcet** [23].

Le **paradoxe de Condorcet** dit qu'il est possible, lors d'un vote où l'on demande aux votants de classer trois propositions ( $a$ ,  $b$  et  $c$ ) par ordre de préférence, qu'une majorité de votants préfère  $a$  à  $b$ , qu'une autre préfère  $b$  à  $c$  et qu'une autre préfère  $c$  à  $a$ . Les décisions prises par une majorité populaire par ce système de vote ne sont donc pas, dans ce cas, cohérentes avec celles que prendrait un individu supposé rationnel, car le choix entre  $a$  et  $c$  ne serait pas le même selon que  $b$  est présent ou non [23].

Considérant que la mise en œuvre de la méthode Condorcet est très lourde, la **méthode de Borda** a proposé contient une solution alternative [23].

### **2.3.1.3. Le critère de Borda :**

La méthode de Borda porte le nom de son introducteur, Elle consiste à associer une valeur à chaque candidat en calculant la somme de son rang de classement dans les listes des votants. Cette méthode dit qu'un candidat  $a$  est préféré à un candidat  $b$  si la somme des rangs de  $a$  dans les listes des votants est strictement inférieure à celle de  $b$  et on attribue le rang 1 au premier de la liste, 2 au second et ainsi de suite [24].

**Exemple** [24] Soit  $\{a, b, c, d\}$  un ensemble de candidats aux élections. Prenons trois électeurs dont les préférences sont les suivantes:

2 votants ont les préférences  $b > a > c > d$ ,

1 votant a les préférences  $a > c > d > b$ .

Dans ce vote, le gagnant de **Condorcet** serait le candidat  $b$ .

Avec la méthode de Borda, nous avons:

- pour  $a$ :  $2 \times 2 + 1 \times 1 = 5$ ,
- pour  $b$ :  $2 \times 1 + 1 \times 4 = 6$ ,
- pour  $c$ :  $2 \times 3 + 1 \times 2 = 8$ ,
- pour  $d$ :  $2 \times 4 + 1 \times 3 = 11$ .

Le gagnant pour la **méthode Borda** est ici le candidat  $a$  qui est différent du résultat donné par le critère de Condorcet.

La méthode de Borda a un avantage significatif sur la méthode de Condorcet. Elle peut non seulement choisir le gagnant, mais également fournir le classement de tous les candidats du meilleur au pire [24].

Cette méthode de Borda dite classique ne respecte pas le critère de Condorcet. Ainsi, il existe une autre variante de la méthode de Borda appelée Borda par élimination qui respecte le critère de Condorcet. Elle s'appuie sur le fait qu'un gagnant de Borda ne peut pas être un perdant de Condorcet et inversement un perdant de Borda ne peut pas être un gagnant de Condorcet. La méthode de Borda par élimination consiste alors à éliminer les perdants de Borda pour respecter le critère de Condorcet [23].

Pour mieux comprendre, reprenons l'exemple et supposons que les candidats  $c$  et  $d$  pensent que leurs chances de gagner sont trop faibles, puis retirons leur candidature la veille de l'élection. Ensuite, nous avons observé que  $b$ , comme Condorcet, est devenu le gagnant de la méthode Borda. Et donc, la défection des candidats  $c$  et  $d$  a inversé les résultats de la méthode de Borda entre  $a$  et  $b$ . Contrairement à ce que l'on observe pour la méthode de Condorcet, la relation de préférence liant deux candidats  $a$  et  $b$  avec la méthode de Borda dépend non seulement des positions relatives de  $a$  et  $b$  dans les classements des votants, mais aussi de leurs situations respectives vis-à-vis de tous les autres candidats [24].

## **2.4. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté une vue global sur aide a la décision multicritère, le processus décisionnelle et les acteurs de décision. Aussi nous avons touché la problématique en aide multicritère, ensuite nous avons détaillé les méthodes multicritère et finalement nous conclure par les critères de vote .

Le chapitre suivant sera notre proposition de résolut le problème de décision multicritère et multi décideurs.

# Chapitre 3

Une approche multicritère & multi décideur

### **3.1. Introduction**

La mise en œuvre de l'aide à la décision face à un ensemble de critères au sein des organisations (ou des services web) nécessite la synergie de nombreux décideurs avec différents services. Par conséquent, chaque décideur impliqué dans le processus décisionnel est invité à exprimer ses préférences et l'importance des critères d'évaluation sur toutes les alternatives possibles afin de défendre les intérêts du service qui le représente. De plus, grâce à cette synergie, les décideurs peuvent obtenir de meilleurs résultats qu'ils n'auraient pu obtenir individuellement.

Dans ce contexte, nous présentons dans ce chapitre le principe de notre contribution, qui est la méthode de décision multi décideurs basée sur la méthode AHP.

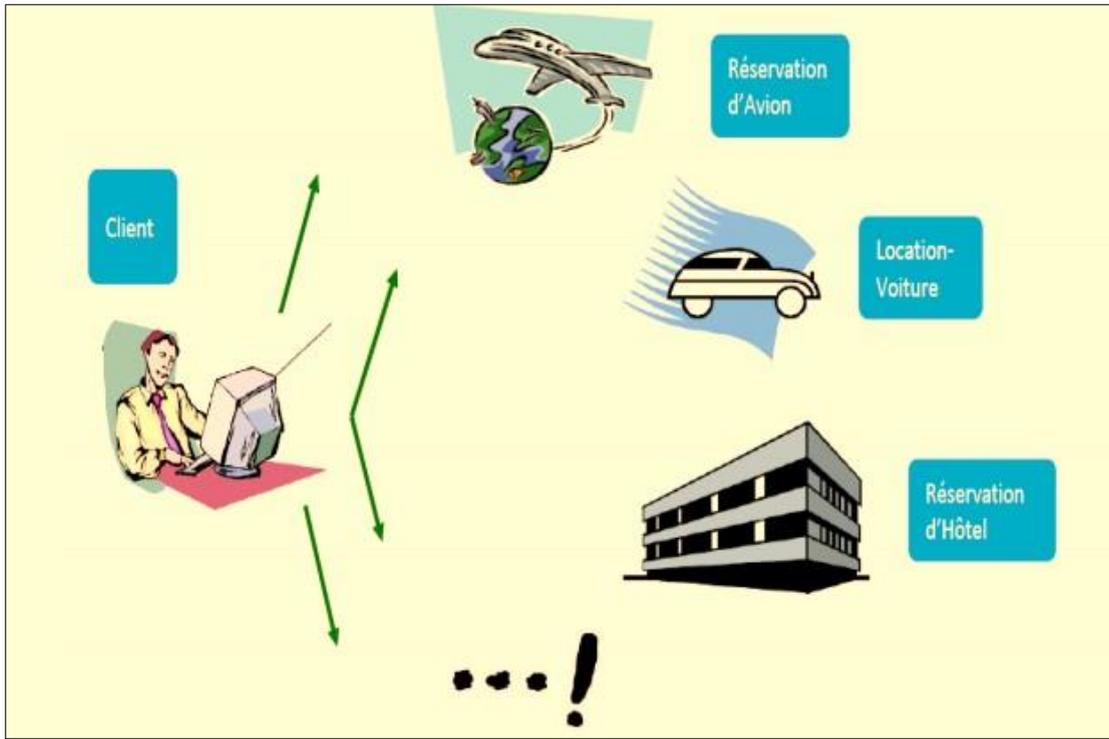
Nous présentons la méthode AHP et nous discutons pourquoi elle a été incorporée dans notre contribution. Ensuite, nous détaillons notre démarche et dévoilons sa structure.

### **3.2. Principe de notre contribution**

Le but de notre travail et de proposer une méthode qui peuvent être adaptables pour résoudre tout problème de sélection, à savoir le problème de sélection des fournisseurs, des services tel que les agences de voyages, les entreprises, les hôpitaux, des centres d'hôtels, etc..., dont le cas de présences d'un groupes de décideurs.

La méthode proposée est une méthode d'aide à la décision multi décideurs basée sur la méthode d'analyse multicritère hiérarchique (AHP) [28]. Son rôle est de gérer la qualité de service dans un environnement certain où les paramètres sont fixes. L'apport de cette méthode, par rapport à la version classique de la méthode AHP, est sa capacité à partager la prise de décision entre plusieurs décideurs, où chacun défend les intérêts du service qui le représente. Par conséquent, chaque décideur est invité à exprimer ses préférences sur l'importance des critères d'évaluation et des solutions (alternatives).

Un exemple de projection de notre méthode est présenté dans la figure suivante :



**FIGURE 3.1. Exemple de composition de services [30]**

Etant donné un utilisateur qui veut planifier un voyage, pour cela il a besoin de consommer 03 types des services, une réservation d'hôtel, une réservation de billet d'avion et une location de voiture [30].

On note aussi qu'on doit sélectionner multi-service (ou entreprise) de chaque catégorie, en utilisant les critères de QoS : réputation, fiabilité, coûts, temps d'exécution (Bien détaillé dans le chapitre suivant).

La figure suivante présente l'architecture hiérarchique de ce problème.

Soit un ensemble d'alternatives et un ensemble des critères d'évaluation et aussi un ensemble de décideurs. Ce problème consiste à sélectionner le meilleur service d'hôtel, de réservation de billet et la meilleure location de voiture des centres de distribution parmi un ensemble d'alternatives potentielles face à des critères d'évaluation tout en respectant les préférences des décideurs

impliqués dans le processus de la décision.

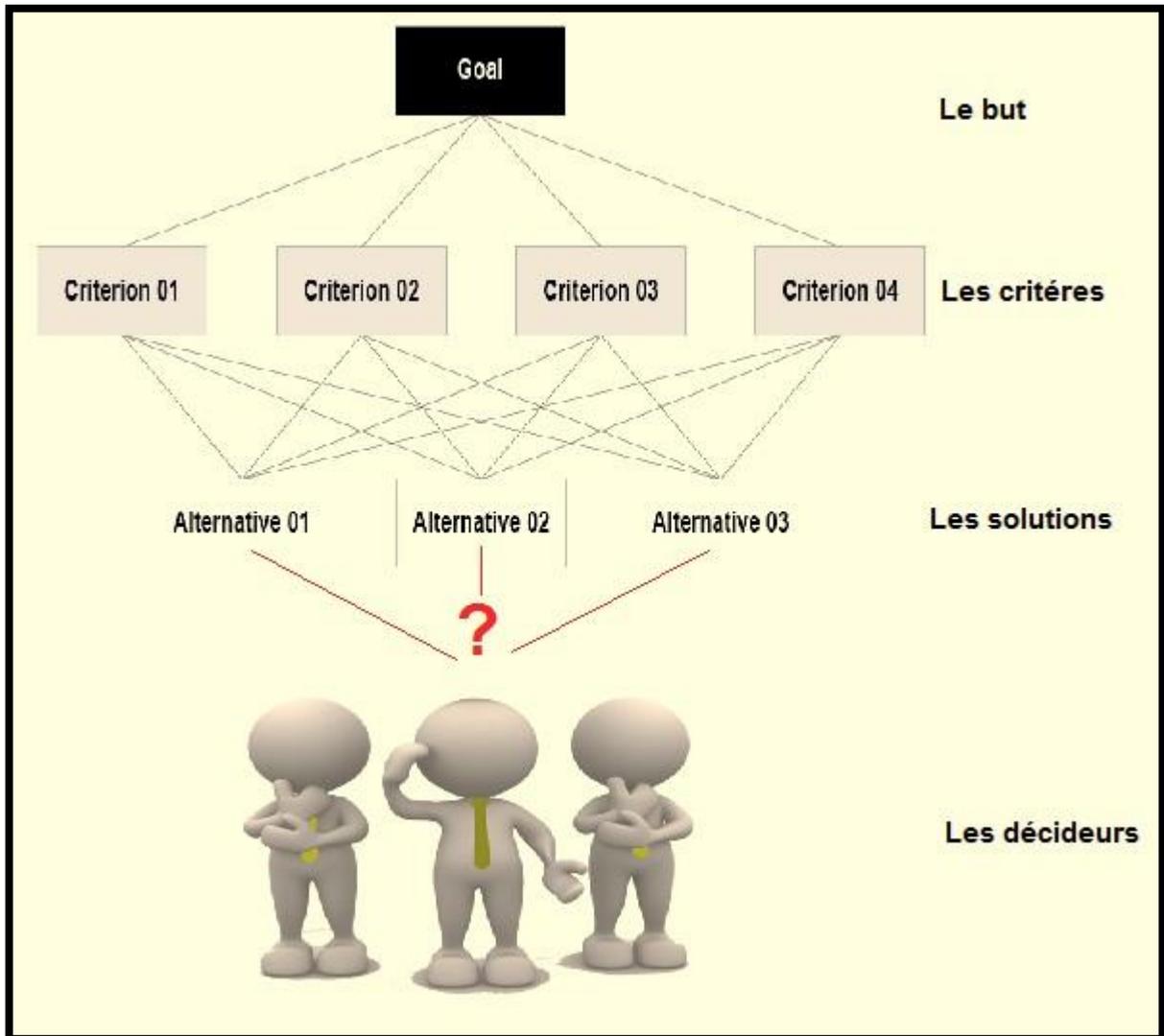


FIGURE 3.2. Structure d'un problème de choix (sélection) (Alpha)

### 3.3. Aide à la décision multi-décideurs

Le système de décision multi-décideurs (ou la décision de groupe) est apparu lorsque les études ont montré que les modèles de décision à un seul décideur ne sont pas une décision mais seulement un résultat donné par un seul décideur. Maintenant les besoins des service et des institutions sont plus complexes que ce résultat, ils ont plutôt besoin de vraies décisions en autre terme : une décision

qui résulte d'un compromis entre les intérêts et les opinions de nombreux décideurs expérimentés.

### 3.3.1. Définition :

« Une activité conduite par une entité collective composée de deux ou plusieurs individus et caractérisée à la fois en termes de propriétés de l'entité collective et de celles de ses membres individuels » [29]

La figure suivante montre la hiérarchie de différents types de système de décision :

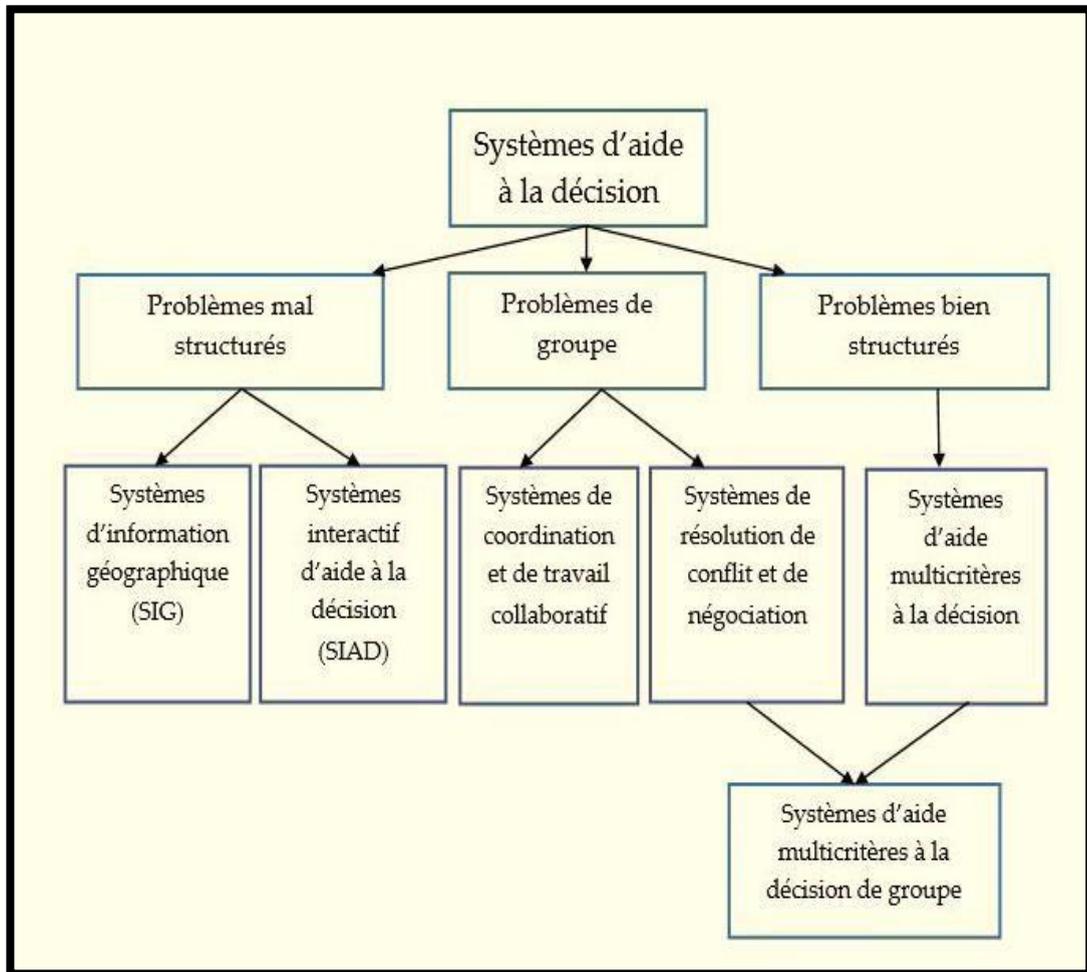


FIGURE 3.3. Hiérarchie des systèmes d'aide à la décision

### **3.4. Gestion de Qos multi-décideurs**

Dans cette section, nous justifions d'abord le choix de la méthode AHP. Ensuite, nous fournissons des détails sur notre contribution.

#### **3.4.1. Choix de AHP :**

Premièrement, la méthode AHP est utilisé pour :

- ✓ Choisir la meilleure solution
- ✓ Prioriser vos solutions
- ✓ Comparer vos solutions
- ✓ Résoudre les conflits
- ✓ Gérer la qualité

Cette méthode est la plus ancienne parmi les méthodes MCDM<sup>1</sup>. Elle est basée sur la classification des alternatives en fonction des degrés de leur comparaison avec les critères qualitatifs et quantitatifs adoptés pour résoudre le problème de sélection multicritères. Le choix de cette méthode est principalement dû à sa simplicité d'application, sa facilité de compréhension pour résoudre des problèmes informels, sa flexibilité et sa capacité à concilier les normes quantitatives et qualitatives dans un même cadre de décision.

Pour un problème de comparaison complexe, le principe de base de cette méthode est d'abord de déterminer les facteurs de comparaison dans la hiérarchie, puis de les comparer pour s'assurer de l'importance relative. Dans l'approche AHP, nous trouvons des évaluations alternatives pour obtenir l'importance de chaque critère pour la prise de décision.

La méthode AHP est intéressante en théorie et en pédagogie. En fait, il est l'un des plus préférés parmi de nombreuses méthodes de mise à niveau, tel que famille ELECTRE (ELECTRE I, ELECTRE II et ELECTRE III) et la famille PROMETHEE (PROMETHEE I, PROMETHEE II,

---

<sup>1</sup> Multiple-criteria Decision Method “en anglais”, ou bien Méthode Décisionnelle MultiCritères “ en français”

PROMETHEE III et PROMETHEE IV). Etc. Il est considéré comme l'un des meilleurs moyens de fournir une comparaison standard bidirectionnelle. De plus, il est capable de traiter une grande quantité de données. Dans la littérature, l'AHP est largement utilisé. Il a prouvé sa fiabilité dans divers domaines d'application.

La méthode AHP répond majoritairement à nos attentes et présente de nombreux avantages, cette méthode est encore limitée par le fait qu'elle ne prend pas en compte la multiplicité des décideurs impliqués dans le processus de décision. Le choix de la meilleure alternative ne dépend que des préférences d'un seul décideur. Par conséquent, il ignore les décisions individuelles des décideurs sur l'importance des différents critères d'évaluation et sur les alternatives potentielles. En conséquence, la cohérence humaine dans la prise de décision a été négligée. Afin de surmonter cette limitation.

Afin de surmonter cette limitation, nous proposons une méthode d'aide à la décision pour la gestion des QoS en présence de différents décideurs. En profitant des avantages de la méthode AHP et en essayant de surmonter les limites de cette méthode que nous avons trouvées.

Dans ce qui suit, nous présentons en détail notre approche de la méthode.

### **3.5. Contribution**

La méthode multi décideurs proposée pour gérer, en général, la qualité des service web (QoS) dans la composition des service web repose sur les étapes décrites ci-après.

- Étape 1 : Constitution d'un groupe des décideurs,
- Étape 2 : Attribuer à chaque décideur une alternative,
- Étape 3 : Identification des critères d'évaluation,
- Étape 4 : Attribution des poids (importance) relatives aux critères
- Etape 5 : Classer les alternatives par importance

- Étape 6 : Etablir la matrice d'importance des critères
- Étape 7 : Calculer les indices
- Étape 8 : Évaluation des alternatives,
- Étape 9 : Détermination des relations entre les critères et les solutions,
- Étape 10 : Filtrage des alternatives.

**On va maintenant décrire détaillément chaque rôle des étapes précédent :**

**Étape 1. Constitution d'un groupe des décideurs :** La démarche consiste à former un comité de **décideurs** impliqués dans le processus décisionnel. Au sein de ce comité, chaque décideur représente une division entre les différents services de l'entreprise (distribution, qualité, développement, etc.). Le but est de défendre les objectifs de service qu'il représente.

**Étape 2. Attribuer à chaque décideur une alternative :** ici, on attribuer a chaque décideur une et une seul alternative, c.-à-d. que chaque décideur soit responsable sur un critère .

**Étape 3. Identification des critères d'évaluation :** Les critères à identifier, à l'instar du réputation, fiabilité, coûts, temps d'exécution..., etc., sont définis par l'entreprise selon sa stratégie.

**Étape 4. Attribution des poids (importance) relatives aux critères :** Cette étape consiste, premièrement, à attribuer les poids de n critères par apport aux préférences de client.

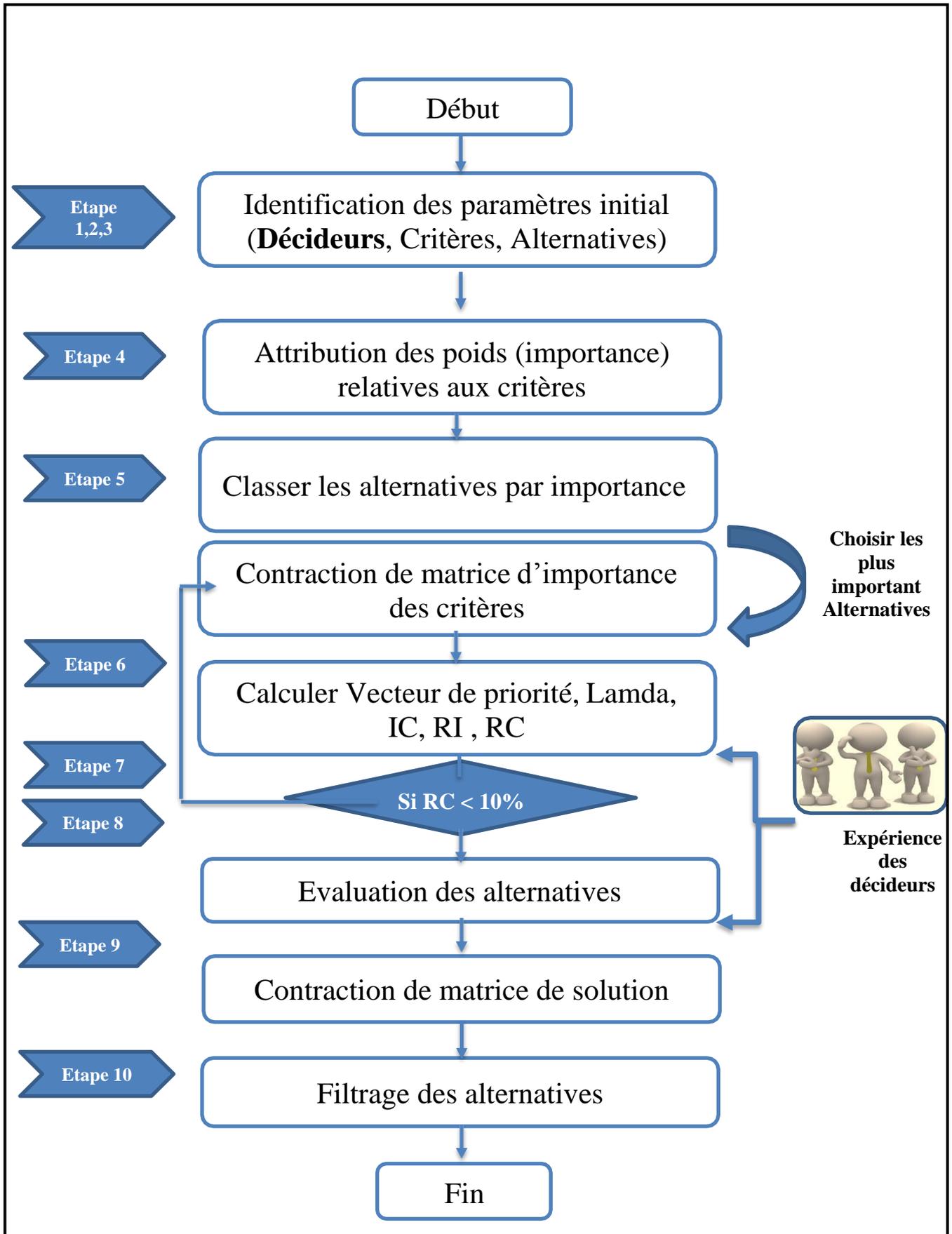


FIGURE 3.4. Processus de notre contribution

**Étape 5. Classer les alternatives par importance :** après l'identification de  $n$  poids ( $p$ ) pour  $n$  valeur de critères ( $v$ ), un processus de classement de  $m$  alternatives est commencé :

$Classe_j = (v_i * p_i) + (v_{i+1} * p_{i+1}) + (v_{i+2} * p_{i+2}) \dots (v_n * p_n)$
$Classe_{j+1} = (v_i * p_i) + (v_{i+1} * p_{i+1}) + (v_{i+2} * p_{i+2}) \dots (v_n * p_n)$
.....
$Classe_m = (v_i * p_i) + (v_{i+1} * p_{i+1}) + (v_{i+2} * p_{i+2}) \dots (v_n * p_n)$

✚ Où  $i$  est le nombre de critère.

Une fois tous les classe est calculé, le décideur applique la méthode Ahp a les trois alternatives correspondantes aux trois premières grandes valeurs des classes.

**Étape 6. Etablir la matrice d'importance des critères :** Cette étape consiste à établir la matrice d'importance des critères de décisions. Ici le processus d'attribution se fait par l'expérience de chaque décideur.

**Étape 7. Calculer les indices :** dans cette étape les valeurs de vecteur de priorité, la valeur de lamda, L'indice de consistance « IC », indice de « IR » et l'indice de ratio de cohérence « RC » sont calculer où :

$$CI = \frac{\text{Lamda} - k}{k - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

**RI** est l'indice de cohérence obtenu par un grand nombre de simulations et dont les valeurs sont données dans le tableau suivant :

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

**Étape 8. Évaluation des alternatives** : cette étape est la plus important et elle exprime le magique que nous avons ajouté à la méthode classique AHP, dans cette étape pour chaque critère de décision une matrice de comparaison de solution est faite, ici chaque matrice de solution(alternative) est sous la responsabilité d'un et un seul décideur expert.

**Étape 9. Détermination des relations entre les critères et les solutions** : Au niveau de cette étape, en construit la matrice de solution à partir des résultats des matrices de l'étape précédente.

**Étape 10. Filtrage des alternatives** : dans cette étape une équation de multiplication des matrices est faite entre la matrice de solution et la matrice de la matrice de critère de décision en pourcentage relative. Ensuite la hiérarchie de solution est affichée

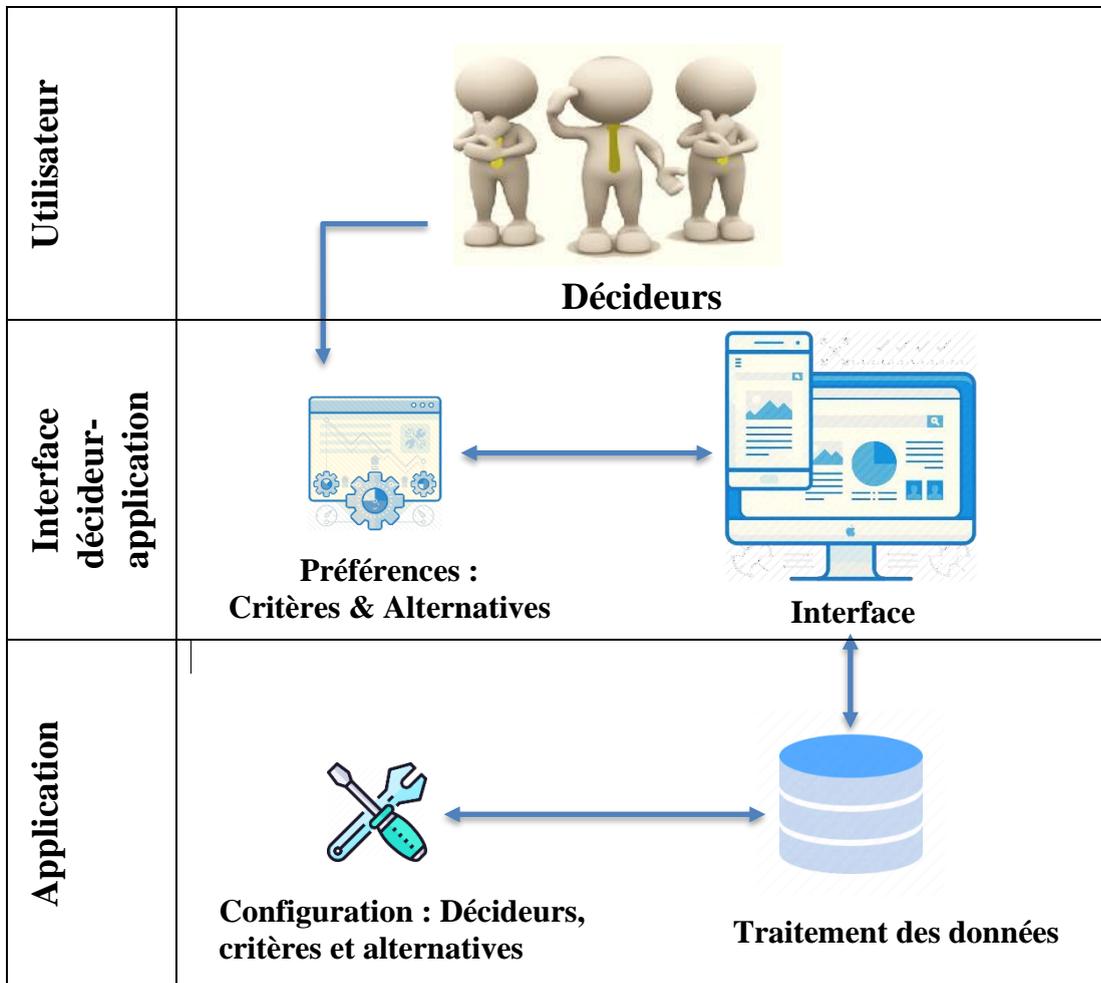
## **3.6. Architecture de notre contribution**

L'architecture que nous avons proposée est composée de 3 niveaux : le niveau décideur, le niveau interface décideur-application et le niveau d'application.

### **3.6.1. Niveau utilisateur**

Dans ce niveau, les décideurs(utilisateurs) impliqués dans le processus de décision. Ils sont invités à exprimer leurs préférences au regard de l'importance de critère qu'ils ont présente et d'exprimer la matrice de de chaque critère avec le pourcentage relatifs.

À partir de ces préférences, la matrice d'importance des critères et la matrice de solution se déterminent. Ces matrices seront traitée et serviront à la sélection de la meilleure alternative.



**FIGURE 3.5. Architecture de notre méthode**

### **3.6.2. Niveau interface décideur-application**

Ce niveau regroupe les interfaces de communication entre les décideurs et l'application. Comme par exemple l'interface du paramétrage de l'application : le nombre des décideurs participant dans le processus de décision, le nombre des critères d'évaluation et l'ensemble d'alternatives. Elle permet aussi la saisie préférence des critères par rapport aux préférences de chaque décideur selon le critère qu'il représente et déclenche la détermination de la matrice d'importance des critères d'évaluation.

### **3.6.3. Niveau d'application**

Ce niveau implémente notre contribution. Il regroupe la partie de configuration ce module assure le nombre d'alternatives à choisir, les décideurs intervenant dans la prise de décision et les critères d'évaluation. Aussi la génération de la matrice d'importance des critères et la matrice de solution afin de sélectionner la meilleure alternative.

## **3.7. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous proposons notre contribution, une méthode d'aide à la décision multi-décideurs. Le but de ces méthodes est d'aider un groupe de décideurs à choisir la meilleure solution "ou à gérer la qualité de service" parmi un ensemble d'alternatives confrontées à un ensemble de critères. L'approche est basée sur la méthode AHP. L'originalité de cette méthode, par rapport à la version classique de la méthode AHP, est sa capacité à participer à la prise de décision chez de nombreux décideur

# Chapitre 4

Conception & Implémentation

### **4.1. Introduction**

La mise en œuvre de l'aide à la décision par rapport à un ensemble de critères en présence de nombreux décideurs nécessite les efforts combinés de bon nombre de ces décideurs. Chacun d'eux est responsable sur un critère de décision et apporte son expertise dans le domaine.

Dans ce dernier chapitre, on va présenter un cas d'étude pour la gestion des Qos dans le cas de présentation de multiples décideurs.

On va présenter une implémentation de notre contribution expliqué dans le chapitre précédent, aussi on va présenter les outils utilisés, les différents diagrammes de modélisation, le processus d'implémentation, et nous conclure avec les résultats que nous avons atteints.

### **4.2. Les outils Utilisés**

#### **4.2.1. Ressources matérielles :**

La configuration du matériel utilisé dans notre implémentation est :

- ✓ Un PC portable : DELL i3
- ✓ Carte graphique : Intel® HD Graphics 4000
- ✓ Processeur : Intel® Core™ i3-3217U CPU @ 1.80 GHz
- ✓ RAM de taille : 4.00 GO
- ✓ Disque dur de taille : 500 Go
- ✓ Système d'exploitation : Windows 7 64 bits

### **4.2.2. Ressources logicielles :**

#### **❖ Microsoft Visual basic For Application:**

Visual Basic pour Applications (VBA) est une implémentation du langage de programmation événementiel de Microsoft Visual Basic 6, qui a été déclaré hérité en 2008, et de son environnement de développement intégré (IDE) associé. Bien que pré-.NET Visual Basic ne soit plus pris en charge ou mis à jour par Microsoft, le langage de programmation VBA a été mis à niveau en 2010 avec l'introduction de Visual Basic pour Applications 7 dans les applications Microsoft Office. Depuis 2020, VBA a tenu sa position de langage "le plus redouté" pour les développeurs pendant 2 ans.

La grande puissance de la programmation Visual Basic of Application (VBA) dans Excel ou dans toute autre application Office est que presque toutes les activités ou tâches que vous pouvez effectuer à l'aide de la souris, du clavier ou d'une boîte de dialogue peuvent également être accomplies par des codes VBA.

De plus, si cela peut être effectué une fois avec VBA, cela peut être fait aussi facilement cent fois ou plus. En fait, l'automatisation des tâches répétitives ou complexes est l'une des utilisations les plus courantes des codes VBA dans la suite Microsoft Office.[31]



**FIGURE 4.1. Logo de Excel & VBA [31]**

### ❖ **Start UML:**

StarUML est un logiciel de modélisation UML (Unified Modeling Language) open source qui peut remplacer dans bien des situations des logiciels commerciaux et coûteux comme. Étant simple d'utilisation, nécessitant peu de ressources système, supportant UML 2, ce logiciel constitue une excellente option pour une familiarisation à la modélisation. Cependant, seule une version Windows est disponible.[32]



FIGURE 4.2. Logo de StarUML [32]

### **4.3. Modélisation conceptuelle**

Notre système d'aide à la décision constitue un environnement pour les différentes étapes du processus de décision de la sélection dans le cas de présence de plusieurs décideurs. Il implémente notre méthode proposée dans le chapitre précédent. L'architecture de ce système est présentée est implémenté avec ExcelVBA a été sélectionné comme l'environnement de développement approprié. Les utilisateurs du système peuvent générer des données automatiquement.

En effet, les utilisateurs que ce soit administrateur ou décideur peuvent accéder au système, mais l'utilisation varie de l'administrateur au décideur.

Dans ce qui suit nous apportons plus de détails au notre système. Pour se faire, nous présentons sa conception modélisée avec le Langage de Modélisation Unifié (UML).

❖ Diagramme de cas d'utilisation :

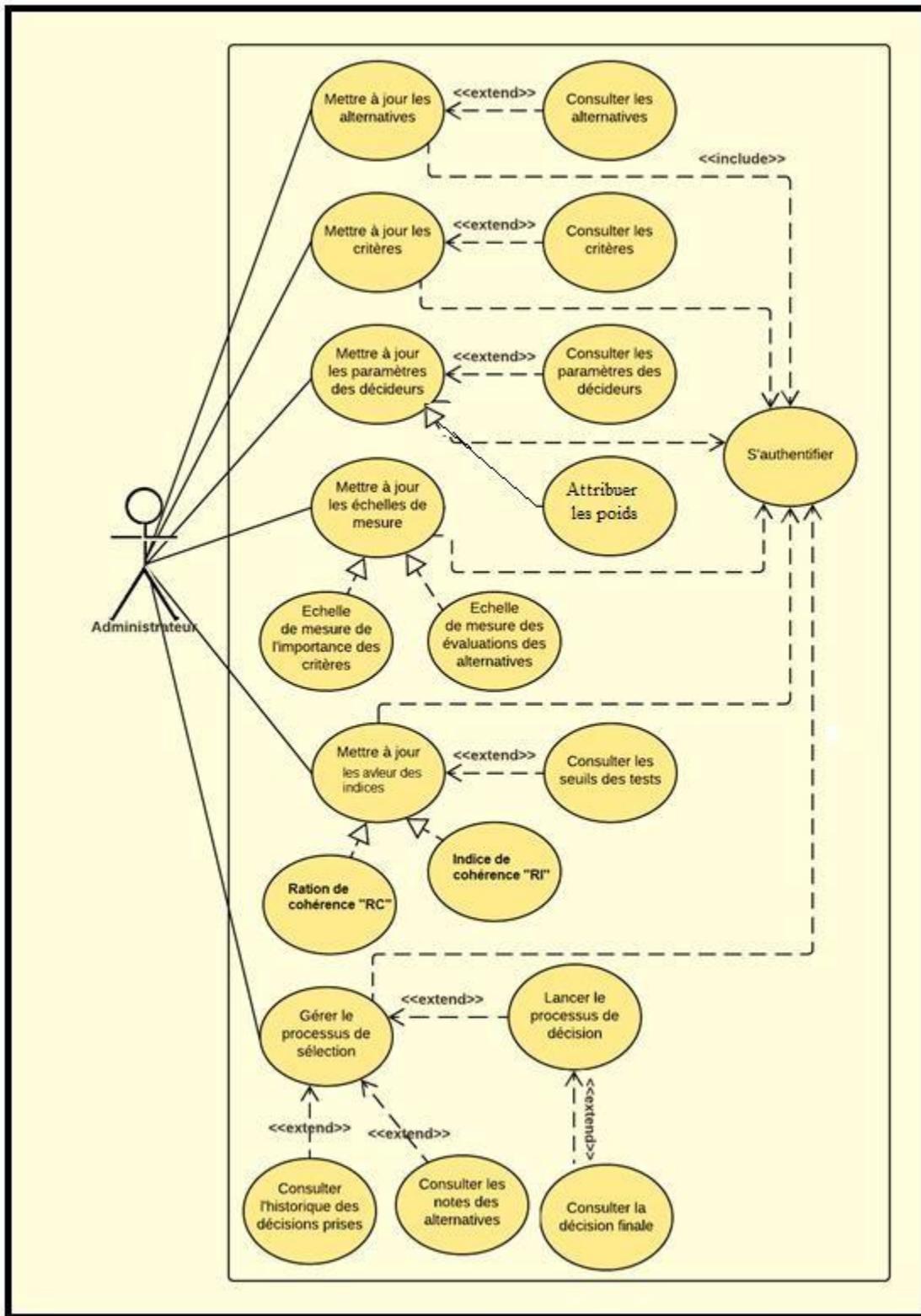
La figure 4.3 illustre les différentes opérations pouvant être réalisées par l'administrateur. La figure 4.4 schématise les opérations accessibles par le décideur.

❖ Diagramme de classes :

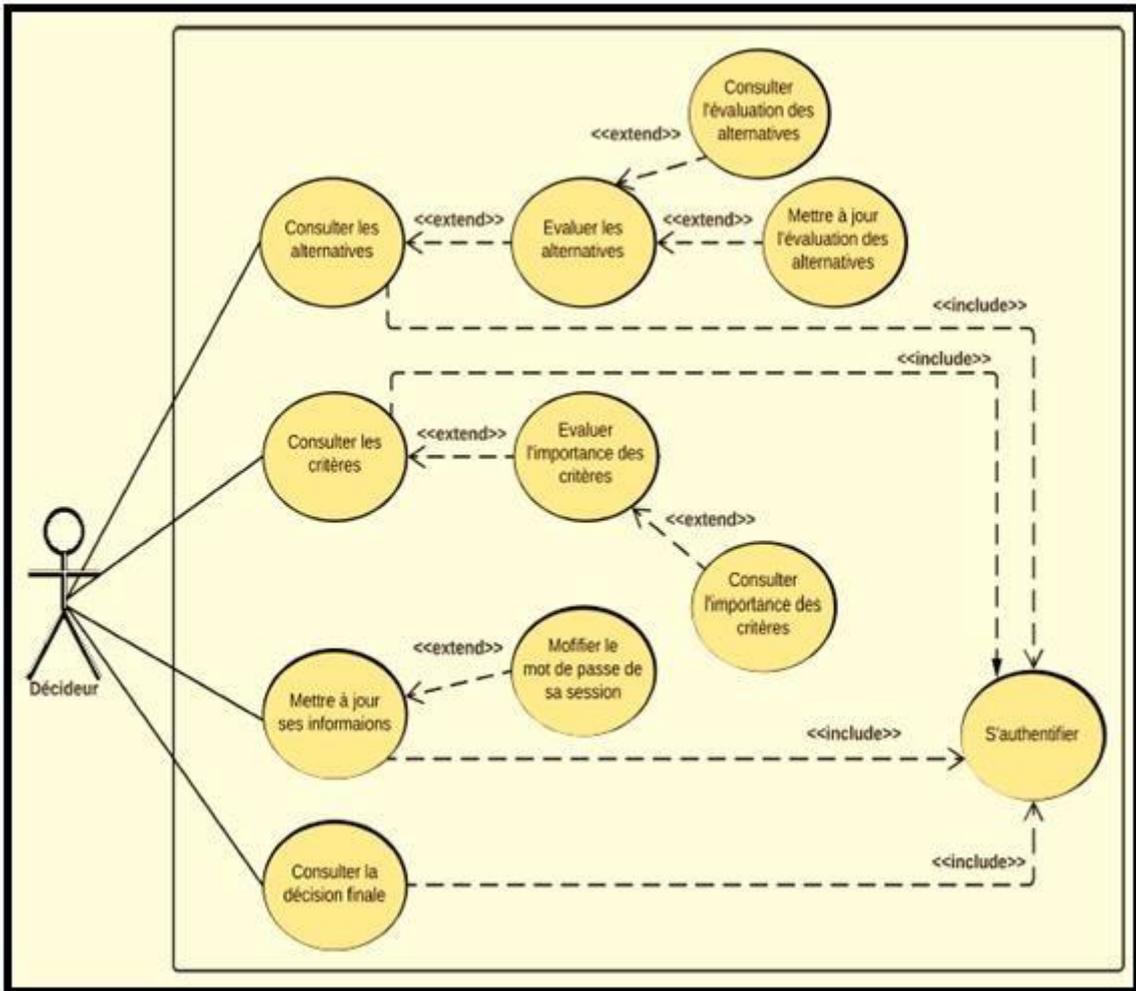
Le diagramme des classes du notre système figure 4.5 Il modélise les différentes classes utilisées ainsi que les différentes relations entre celles-ci.

❖ Diagramme de séquence :

Étant donné que le diagramme de séquence met en œuvre l'enchaînement chronologique des échanges de messages entre les objets, nous nous limitons à représenter deux cas : l'évaluation des critères et des alternatives présentées à la figure 4.6 et l'exécution du processus de sélection illustrée par la figure 4.7.



**FIGURE 4.3. Diagramme de cas d'utilisation : Vue de l'administrateur**



**FIGURE 4.4. Diagramme de cas d'utilisation : Vue du décideur**

## Chapitre 4 : Conception & Implémentation

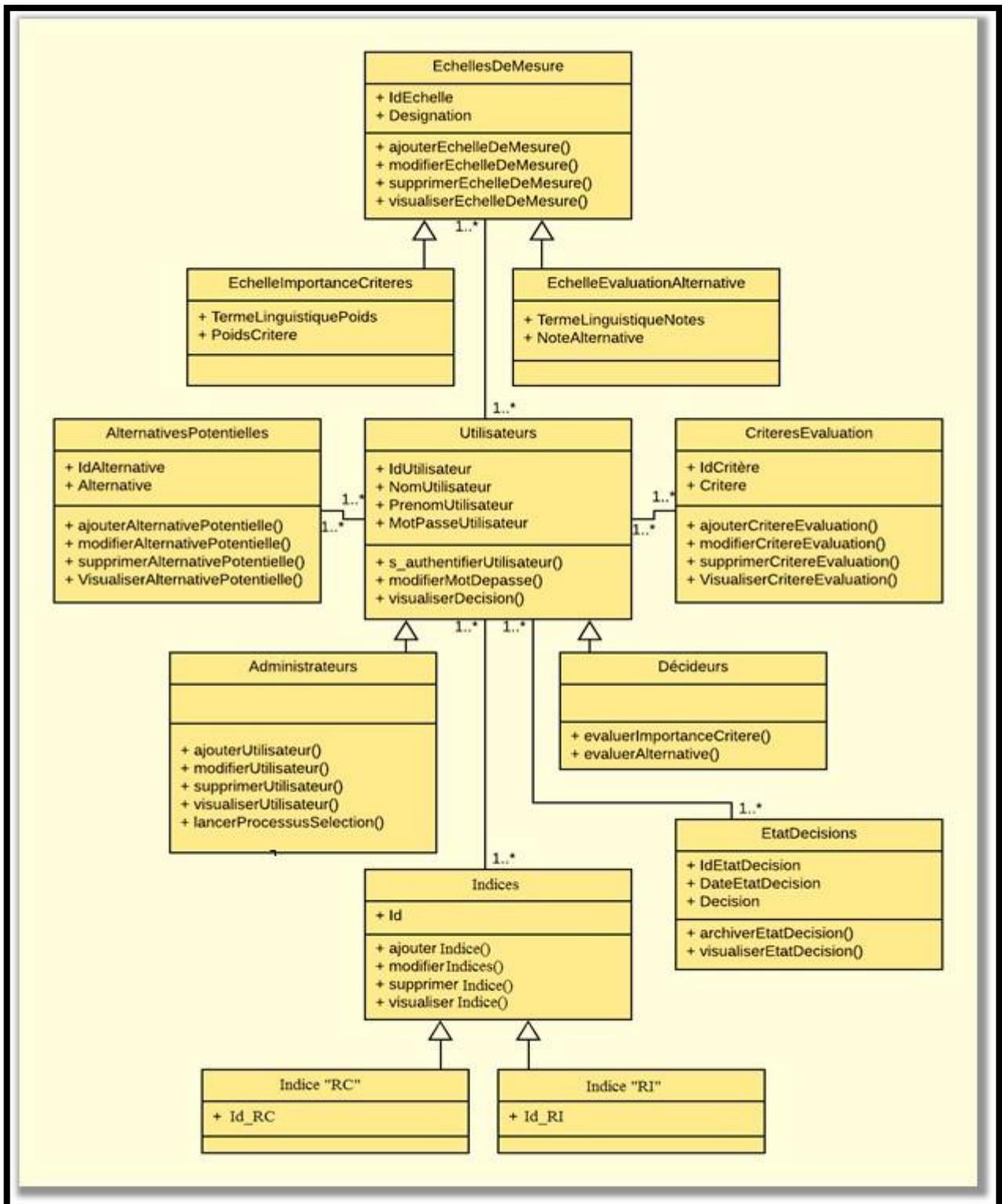


FIGURE 4.5. Diagramme de classes

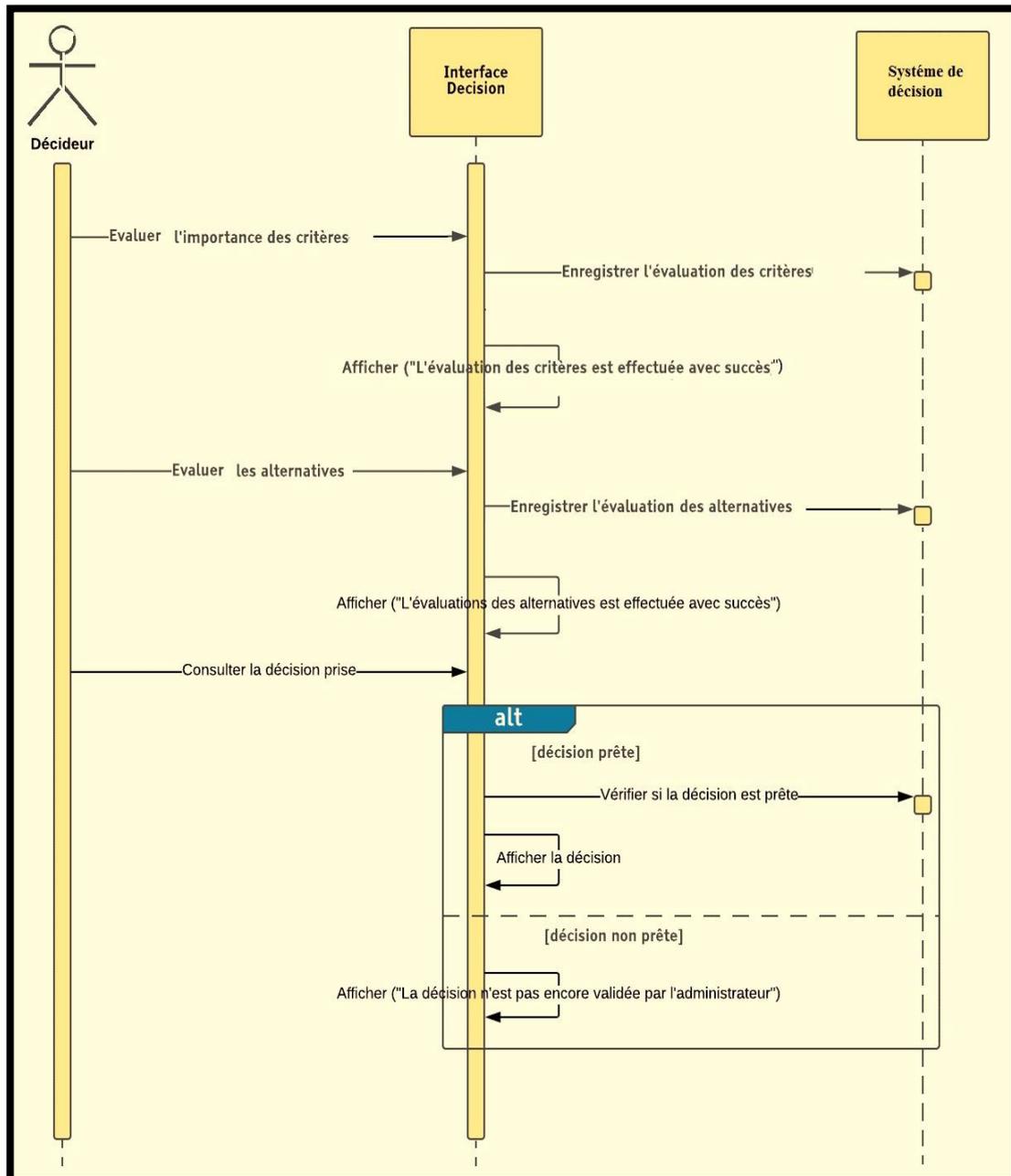


FIGURE 4.6. Diagramme de Séquence : Évaluation des critères et des alternatives

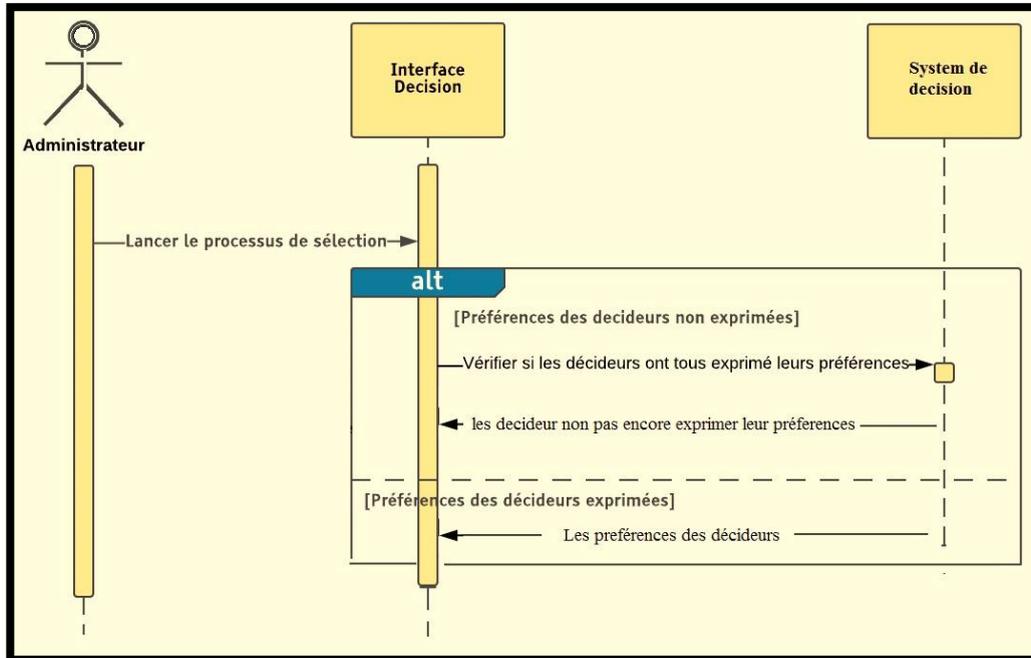


FIGURE 4.7. Diagramme de Séquence : Exécution du processus de sélection

### 4.4. Étude de cas : Application de notre méthode

Dans cette section, nous décrivons notre étude de cas du point de vue alternatives, critères et décideurs appartenant au processus de décision de la meilleure alternative. Ensuite, nous détaillons l'application de notre méthode et les résultats obtenus.

#### 4.4.1. Présentation de l'étude de cas

Dans cette première étude de cas, nous appliquons notre méthode sur un exemple numérique portant sur un utilisateur qui veut planifier un voyage, il a besoin de consommer 03 types des services, **une réservation d'hôtel, une réservation de billet d'avion et une location de voiture.**

Parmi 5 alternatives potentielles pour chaque service. La décision est prise par trois décideurs (D1, D2, D3) qui exercent leur choix sur la base des cinq critères d'évaluation suivants :

- (C1) le cout,

- (C2) le temps d'exécution,
- (C3) la fiabilité,
- (C4) la disponibilité,
- (C5) la réputation.

Les définitions des critères d'évaluation sont détaillées dans la section suivante.

Dans le problème de composition de services, les services web sont généralement regroupés dans une seule communauté, pour différencier les membres d'une communauté lors de la sélection de services, leurs propriétés non-fonctionnelles doivent être prises en considération. Pour cet effet, les services web sont basés sur un ensemble de critères de qualité qui sont applicables à tous les services web, par exemple leurs prix et leurs fiabilités.

On va d'abord présenter les critères de qualité dans le cadre des services élémentaires (stand alone) [3], avant de tourner notre attention vers des services composites.

Les 5 critères de qualité pour les services élémentaires :

❖ **Prix d'exécution** : soit une opération  $op$  fournie par le service  $s$ , le prix d'exécution  $qpr(s, op)$  est la taxe à payer par le demandeur de service pour invoquer l'opération  $op$ .

❖ **Durée d'exécution** : soit une opération  $op$  fournie par le service  $s$ , la durée d'exécution  $q_{du}(s, op)$  mesure le délai prévu en secondes entre le moment où une requête est envoyée et le moment où les résultats sont reçus. La durée d'exécution est calculée en utilisant la formule suivante :

$$q_{du}(s, op) = T_{process}(s, op) + T_{trans}(s, op)$$

ce qui signifie que la durée d'exécution est la somme du temps de traitement

$T_{trans}(s, op)$  et le temps de transmission  $T_{trans}(s, op) = \frac{\sum_{i=1}^n Ti(s,op)}{n}$ . Où  $Ti(s, op)$  est l'observation passé du temps de transmission, et n est le nombre de temps d'exécution observé dans le passé.

- ❖ **Fiabilité (reliability)** : La fiabilité  $q_{rel}(s)$  est la probabilité que la demande est correctement répondue dans les délais prévus maximum indiqué dans la description du service Web. La fiabilité est une mesure ayant trait au matériel et / ou la configuration du logiciel de services Web et les connexions de réseau entre les demandeurs et les fournisseurs de service.

La valeur de la fiabilité est calculée à partir des données d'appels passés en utilisant

l'expression  $q_{rel}(s) = \frac{N_c(s)}{K}$ , où  $N_c(s)$  est le nombre de fois que le service s a été

livré avec succès dans le délai prévu maximum, et K est le nombre total d'invocations.

- ❖ **Disponibilité (availability)** : La disponibilité  $q_{av}(s)$  d'un service s est la probabilité que le service est accessible. La valeur de la disponibilité d'un service s est calculée en utilisant l'expression suivante  $q_{av}(s) = \frac{T_a(s)}{\theta}$ , où  $T_a(s)$  est le montant total du temps (en secondes) dans lequel le service s est disponible dans les dernières  $\theta$  secondes ( $\theta$  est un constant fixé par un administrateur de la communauté de services).

- ❖ **Réputation (reputaion)** : La réputation  $q_{rep}(s)$  d'un service s est une mesure de sa fiabilité. Elle dépend essentiellement de l'expérience de l'utilisateur final d'utiliser le service s. Les utilisateurs finaux peuvent avoir des opinions différentes sur le même service. La valeur de réputation est définie comme le classement moyen donné au service par les

## Chapitre 4 : Conception & Implémentation

---

utilisateurs finaux, c'est-à-dire  $q_{rep} = \frac{\sum_{i=1}^n Ri}{n}$  où  $Ri$  est le classement de l'utilisateur final sur la réputation du service.

Le vecteur de qualité d'une opération **op** d'un service  $s$  est défini par l'expression suivante

Il est à noter que la méthode pour calculer les critères de qualité n'est pas unique, plusieurs autres méthodes peuvent être utilisées.

Les critères de qualité pour les services composites Les critères de qualité définie précédemment pour les services élémentaires, sont également utilisés pour évaluer la qualité de service des services composites. [3]

Le tableau suivant présente les fonctions d'agrégation d'un service composite CS lorsqu'il est exécuté en utilisant le plan  $p = \{ \langle t_1, s_1 \rangle, \langle t_2, s_2 \rangle, \dots \langle t_n, s_n \rangle \}$

Critère	Fonction d'agrégation
Prix	$q_{pr}(p) = \sum_{i=1}^n q_{pr}(s_i, op(t_i))$
Durée	$q_{du}(p) = CPA(p, q_{du})$
Réputation	$q_{rep}(p) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q_{rep}(s_i)$
Fiabilité	$q_{rel}(p) = \prod_{i=1}^N q_{rel}(s_i)$
Disponibilité	$q_{av}(p) = \prod_{i=1}^N q_{av}(s_i)$

**Tableau 4.1 : les fonctions d'agréations pour les services composites [3]**

## Chapitre 4 : Conception & Implémentation

---

- ❖ **Prix d'exécution** : Le prix d'exécution  $q_{pr}(p)$  d'un plan d'exécution  $p$  est la somme des prix d'exécution des opérations invoquées des services qui participent à  $p$ . Dans la formule,  $Op_{(ti)}$  désigne l'opération invoquée par la tâche  $ti$
- ❖ **Durée d'exécution** : La durée d'exécution  $q_{du}(p)$  d'un plan d'exécution  $p$  est calculée en utilisant (Critical Path Algorithm CPA) [3]
- ❖ **Réputation** : La réputation  $q_{rep}(p)$  d'un plan d'exécution  $p$  est la moyenne de la réputation des services qui participent à  $p$ .
- ❖ **Fiabilité** : La fiabilité  $q_{rel}(p)$  d'un plan d'exécution  $p$  est le produit des valeurs des fiabilités des services qui participent à  $p$ .
- ❖ **Disponibilité** : La disponibilité  $q_{av}(p)$  d'un plan d'exécution  $p$  est le produit des valeurs des disponibilités des services qui participent à  $p$ .

Le client est préféré que le prix et la fiabilité seront raisonnables, la durée soit un peu haute et la réputation a quatre étoiles. Le tableau suivant représente les poids affectés par l'administrateur pour chaque critère de décision.

Critères	Prix	Durée	Disponibilité	Réputation	Fiabilité
Poids	0.3	0.7	0.2	0.4	0.3

Pour chaque service on a 6 alternatives disponibles qui sont :

## Chapitre 4 : Conception & Implémentation

---

<u>Hôtel 1</u>			<u>Hôtel 2</u>		
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	30	0.3	Prix	90	0.3
Duré	10	0.7	Duré	5	0.7
Disponibilité	2	0.2	Disponibilité	4	0.2
Réputation	3	0.4	Réputation	4	0.4
Fiabilité	5	0.3	Fiabilité	4	0.3
<u>Hôtel 3</u>			<u>Hôtel 4</u>		
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	70	0.3	Prix	70	0.3
Duré	4	0.7	Duré	12	0.7
Disponibilité	7	0.2	Disponibilité	45	0.2
Réputation	2	0.4	Réputation	76	0.4
Fiabilité	2	0.3	Fiabilité	33	0.3
<u>Hôtel 5</u>			<u>Hôtel 6</u>		
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	80	0.3	Prix	100	0.3
Duré	5	0.7	Duré	7	0.7
Disponibilité	47	0.2	Disponibilité	45	0.2
Réputation	45	0.4	Réputation	42	0.4
Fiabilité	2	0.3	Fiabilité	12	0.3

## Chapitre 4 : Conception & Implémentation

---

	<u>Billet 1</u>			<u>Billet 2</u>	
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	30	0.3	Prix	60	0.3
Duré	10	0.7	Duré	10	0.7
Disponibilité	2	0.2	Disponibilité	4	0.2
Réputation	3	0.4	Réputation	12	0.4
Fiabilité	5	0.3	Fiabilité	12	0.3
	<u>Billet 3</u>		—————	<u>Billet 4</u>	
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	100	0.3	Prix	99	0.3
Duré	10	0.7	Duré	5	0.7
Disponibilité	5	0.2	Disponibilité	6	0.2
Réputation	2	0.4	Réputation	7	0.4
Fiabilité	9	0.3	Fiabilité	6	0.3
	<u>Billet 5</u>		—————	<u>Billet 6</u>	
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	75	0.3	Prix	65	0.3
Duré	5	0.7	Duré	7	0.7
Disponibilité	6	0.2	Disponibilité	9	0.2
Réputation	6	0.4	Réputation	6	0.4
Fiabilité	3	0.3	Fiabilité	6	0.3

---

## Chapitre 4 : Conception & Implémentation

---

	<u>Location 1</u>			<u>Location 2</u>	
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	20	0.3	Prix	25	0.3
Duré	10	0.7	Duré	6	0.7
Disponibilité	2	0.2	Disponibilité	8	0.2
Réputation	2	0.4	Réputation	9	0.4
Fiabilité	2	0.3	Fiabilité	5	0.3
	<u>Location 3</u>			<u>Location 4</u>	
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	45	0.3	Prix	55	0.3
Duré	7	0.7	Duré	7	0.7
Disponibilité	9	0.2	Disponibilité	6	0.2
Réputation	6	0.4	Réputation	4	0.4
Fiabilité	2	0.3	Fiabilité	4	0.3
	<u>Location 5</u>			<u>Location 6</u>	
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids
Prix	10	0.3	Prix	65	0.3
Duré	1	0.7	Duré	6	0.7
Disponibilité	2	0.2	Disponibilité	6	0.2
Réputation	6	0.4	Réputation	5	0.4
Fiabilité	9	0.3	Fiabilité	1	0.3

L'architecture du problème de sélection traité dans cette étude cas est illustrée à la figure 4.8.

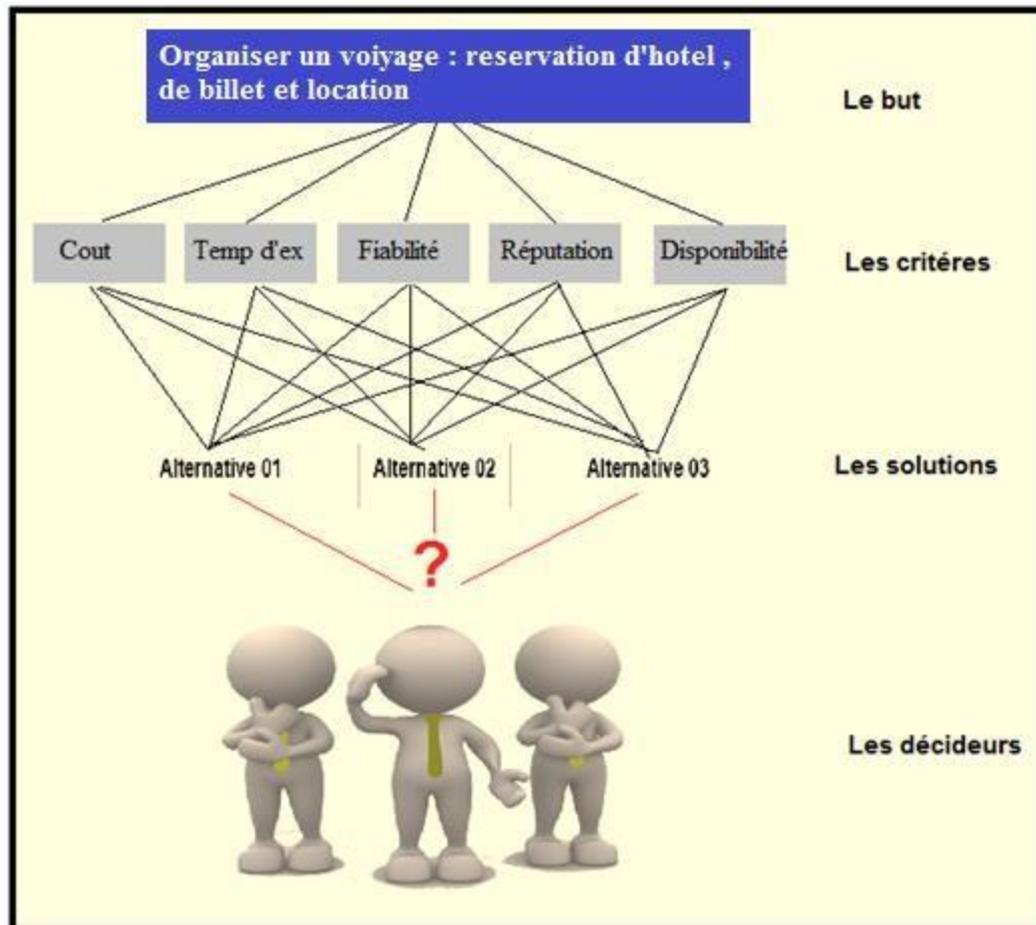


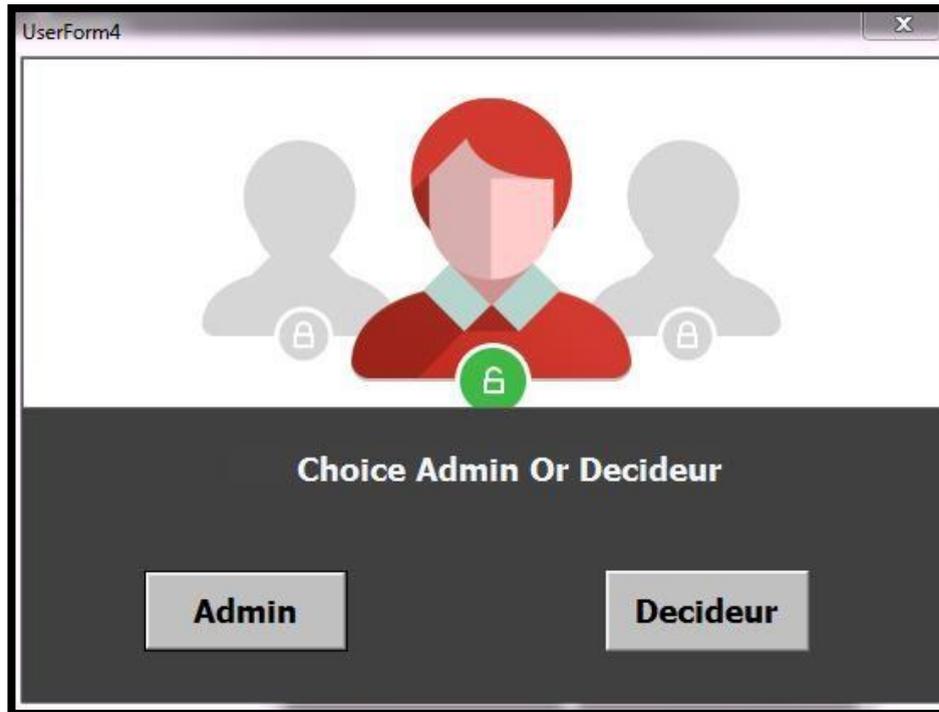
FIGURE 4.8. Structure hiérarchique du problème de sélection de billet d'avion, réservation d'hôtel et location

## 4.4.2. Application de notre méthode

Pour aider les décideurs (D1, D2 et D3) à trouver le meilleur billet d'avion parmi les alternatives disponibles face aux cinq critères (C1, C2, C3, C4 et C5, nous appliquons notre méthode. Cette application est détaillée ci-après :

### 4.4.2.1. Interface de l'application

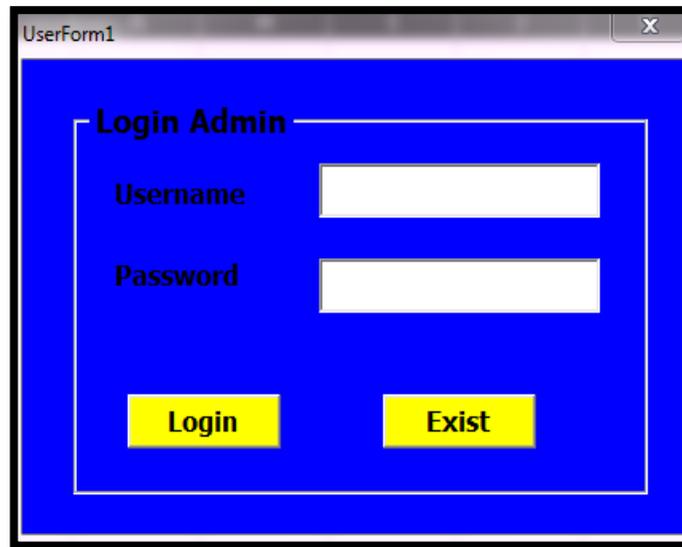
La figure suivante montre la première interface afficher par notre système, c'est une simple interface où l'utilisateur peut choisi s'il est un admin ou bien un décideur.



**FIGURE 4.9.** Interface de l'application

### **4.4.2.2. Login de L'Admin**

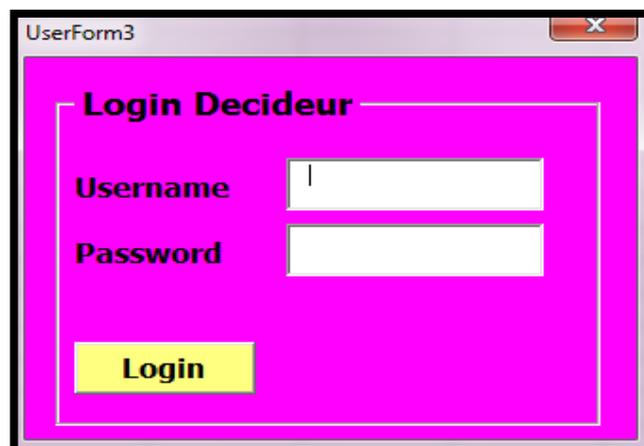
A travers l'interface présenté dans la figure suivante l'administrateur peut saisi leur « Username » et leur « Password » pour accéder aux données autorisées à examiner.



**FIGURE 4.10. Interface : Login Admin**

#### **4.4.2.3. Login de décideur**

Le décideur peut saisir leur « Username » et Leur « Password » pour accéder aux données autorisées à examiner à travers l'interface présenté dans la figure suivante :



**FIGURE 4.11. Interface : Login Décideur**

#### **4.4.2.4. Interface de critères**

A travers l'interface des critères, l'administrateur peut gérer (Ajouter, Supprimer,

Modifier) les critères, aussi chaque décideur responsable a un critère peut exprimer la comparaison entre les critères.

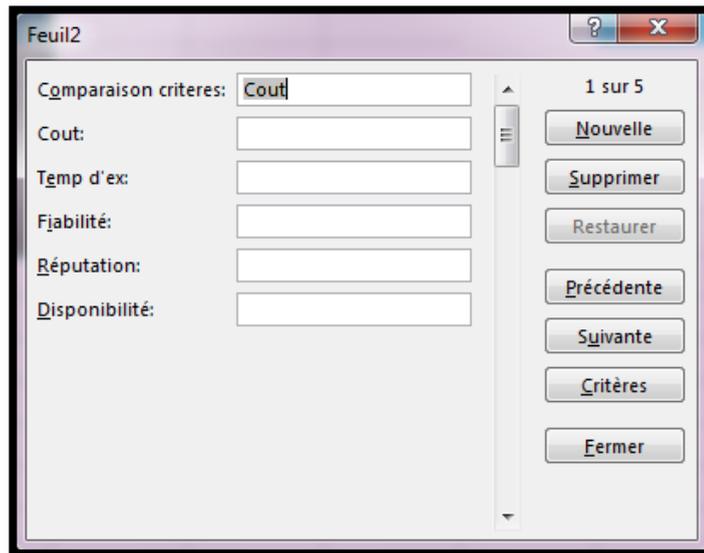


FIGURE 4.12. Interface de critères

### 4.4.2.5. Fonctionnement de décideur :

Premièrement le décideur de chaque service doit calculer le classement de l'ensemble des alternatives disponibles :

#### ❖ Le décideur de « billet d'avion » :

A travers l'interface suivante, le décideur calcule la classe de chaque alternative, et il choisit les 3 premières alternatives ayant les plus grandes valeurs.

## Chapitre 4 : Conception & Implémentation

Billet 1			Billet 2								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids	Billet 1	Billet 2	Billet3	Billet4	Billet5	Billet6
Prix	30	0.3	Prix	60	0.3	19,1	34,2	41,5	39	30,5	30,4
Duré	10	0.7	Duré	10	0.7						
Disponibilité	2	0.2	Disponibilité	4	0.2						
Réputation	3	0.4	Réputation	12	0.4						
Fiabilité	5	0.3	Fiabilité	12	0.3						
Billet 3			Billet 4								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids						
Prix	100	0.3	Prix	99	0.3						
Duré	10	0.7	Duré	5	0.7						
Disponibilité	5	0.2	Disponibilité	6	0.2						
Réputation	2	0.4	Réputation	7	0.4						
Fiabilité	9	0.3	Fiabilité	6	0.3						
Billet 5			Billet 6								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids						
Prix	75	0.3	Prix	65	0.3						
Duré	5	0.7	Duré	7	0.7						
Disponibilité	6	0.2	Disponibilité	9	0.2						
Réputation	6	0.4	Réputation	6	0.4						
Fiabilité	3	0.3	Fiabilité	6	0.3						

**FIGURE 4.13. Classement des billets**

### ❖ Le décideur de « Location » :

De la même façon, le décideur de location calcule le classement des alternatives et il choisit les 3 premières.

## Chapitre 4 : Conception & Implémentation

Location 1			Location 2								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids	Location 1	Location 2	Location 3	Location 4	Location 5	Location 6
Prix	20	0.3	Prix	25	0.3	14,8	18,4	23,2	25,4	9,2	27,2
Duré	10	0.7	Duré	6	0.7						
Disponibilité	2	0.2	Disponibilité	8	0.2						
Réputation	2	0.4	Réputation	9	0.4						
Fiabilité	2	0.3	Fiabilité	5	0.3						
Location 3			Location 4								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids						
Prix	45	0.3	Prix	55	0.3						
Duré	7	0.7	Duré	7	0.7						
Disponibilité	9	0.2	Disponibilité	6	0.2						
Réputation	6	0.4	Réputation	4	0.4						
Fiabilité	2	0.3	Fiabilité	4	0.3						
Location 5			Location 6								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids						
Prix	10	0.3	Prix	65	0.3						
Duré	1	0.7	Duré	6	0.7						
Disponibilité	2	0.2	Disponibilité	6	0.2						
Réputation	6	0.4	Réputation	5	0.4						
Fiabilité	9	0.3	Fiabilité	1	0.3						

**FIGURE 4.14. Classement des locations**

### ❖ Le décideur de « Hôtel » :

De la même façon, le décideur d'hôtel calcule le classement des alternatives et il choisit les 3 premières.

Hôtel 1			Hôtel 2								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids	Location 1	Location 2	Location 3	Location 4	Location 5	Location 6
Prix	30	0.3	Prix	90	0.3	19	34,1	26,6	78,7	55,5	64,3
Duré	10	0.7	Duré	5	0.7						
Disponibilité	2	0.2	Disponibilité	4	0.2						
Réputation	3	0.4	Réputation	4	0.4						
Fiabilité	5	0.3	Fiabilité	4	0.3						
Hôtel 3			Hôtel 4								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids						
Prix	70	0.3	Prix	70	0.3						
Duré	4	0.7	Duré	12	0.7						
Disponibilité	7	0.2	Disponibilité	45	0.2						
Réputation	2	0.4	Réputation	76	0.4						
Fiabilité	2	0.3	Fiabilité	33	0.3						
Hôtel 5			Hôtel 6								
Critères	Valeur	Poids	Critères	Valeur	Poids						
Prix	80	0.3	Prix	100	0.3						
Duré	5	0.7	Duré	7	0.7						
Disponibilité	47	0.2	Disponibilité	45	0.2						
Réputation	45	0.4	Réputation	42	0.4						
Fiabilité	2	0.3	Fiabilité	12	0.3						

**FIGURE 4.15. Classement des hôtels**

**4.4.2.6. Contraction matrice d'importances des critères**

Pour chaque service le décideur effectuer la matrice d'importances des critères , le tableau suivant présente la matrice d'importance de billet :

Comparaison critère	Cout	Temp d'ex	Fiabilité	Réputation	Disponibilité
Cout	1,00	1,00	0,50	0,50	0,25
Temp d'ex	1,00	1,00	2,00	0,50	0,50
Fiabilité	2,00	0,50	1,00	2,00	2,00
Réputation	0,50	2,00	0,50	1,00	2,00
Disponibilité	2,00	2,00	0,50	0,50	1,00
Total	6,5	6,5	4,5	4,5	5,75

**FIGURE 4.16. Matrice d'importances des critères**

Ensuite une deuxième matrice de normalisation des critères est calculée automatiquement par le système.

Normalisation	Cout	Temp d'ex	Fiabilité	Réputation	Disponibilité	Raw AVG
Cout	0,15	0,15	0,11	0,11	0,04	0,11
Temp d'ex	0,15	0,15	0,44	0,11	0,09	0,19
Fiabilité	0,31	0,08	0,22	0,44	0,35	0,28
Réputation	0,08	0,31	0,11	0,22	0,35	0,21
Disponibilité	0,31	0,31	0,11	0,11	0,17	0,20
Total	1	1	1	1	1	1

**FIGURE 4.17. Matrice de normalisation**

Enfin, le système lance le processus de calcul des indices : Lamda, RI, CI comme suit :

$$\text{Lamda : AVG Consistency} = \text{Total (Consistency)} / \text{Nombre de critère}$$

$$\text{Lamda} = 26.85/5=5.37$$

**Ci : (Lamda - Nombrer de critère) / (Nombrer de critère -1)**

$$\text{Ci} = 5.37 - 5 / 5 - 1 = 0.09276$$

**Ri : A travers le tableau de la figure 4.16, on lire la valeur de RI correspondant au nombre de critère.**

$$\text{Ri} = 1.12$$

**Consistency = CI/RI**

$$\text{Consistency} = 0.09276 / 1.12 = 0.08282$$

Si la valeur de de « Consistency » est inferieur a 10% en passe est l'étape suivante sinon, l'étape d'évaluation des critères commence à nouveau

Criteres	Consistency
Cout	5,2475697
Temp d'ex	5,6413766
Fiabilité	5,1286853
Réputation	5,6066946
Disponibilité	5,2308964
<b>Total</b>	<b>26,855223</b>

**FIGURE 4.18.** Matrice des critères de décision en % relatives(cas de service de billet )

Num of critere	5
avg consistancy	5,37104
Ci	0,09276
RI	1,12
Consistency	0,08282
<b>Consistence</b>	<b>Yes</b>

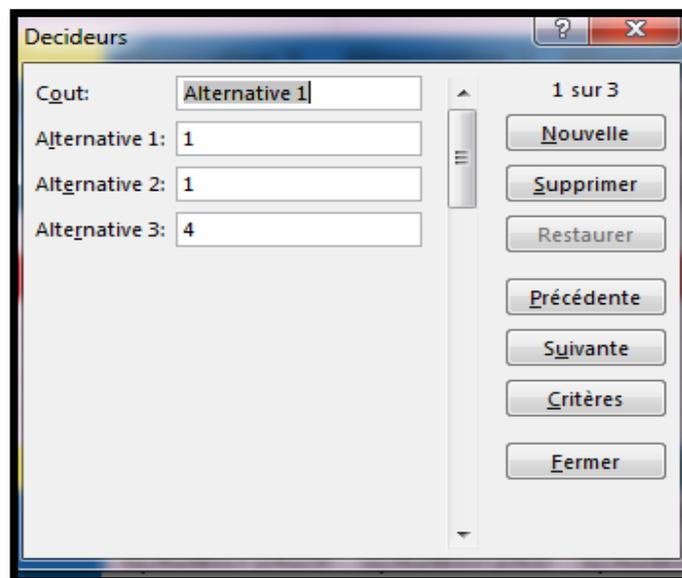
**FIGURE 4.19.** Calcul des indices (Cas de service de billet )

N	RI
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,51

**FIGURE 4.20.** Tableau des indices des cohérences (cas de service de billet )

#### 4.4.2.7. Interface de Alternatives

Chaque décideur responsable sur un critère introduit par l'interface suivant l'évaluation des alternatives.



**FIGURE 4.21.** Interfaces des alternatives(cas de service de billet )

**4.4.2.8. Matrice d'évaluation des alternatives pour chaque décideur**

L'interface suivant aide chaque décideur responsable sur un est un seul critère d'évaluation, d'exprimer leur matrice dévaluation des alternatives à travers leur expérience.

<b>Cout</b>	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	
Alternative 1	1	1	4	4
Alternative 2	1	1	4	4
Alternative 3	0,25	0,25	1	1
<b>Total</b>	<b>2,25</b>	<b>2,25</b>	<b>9</b>	

FIGURE 4.22. Matrice d'évaluation de l'alternative « Cout »

**4.4.2.9. Matrice de normalisation des alternatives**

Une deuxième matrice de normalisation sera calculer automatiquement par le système.

<b>Normalisation_cout</b>	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	raw avg
Alternative 1	0,44	0,44444444	0,44444444	0,444444
Alternative 2	0,44	0,44444444	0,44444444	0,444444
Alternative 3	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,111111
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

FIGURE 4.23. Matrice de normalisation de l'alternative « Cout »

**4.4.2.10. Matrice de solution**

Après la contraction de toutes les matrices des alternatives par les décideurs experts, la matrice de solution est calculée automatiquement par le système.

Matrice_Solution	Cout	Temp d'ex	Fiabilité	Réputation	Disponibilité
Alternative 1	0,89	0,142857143	0,14	0,89	0,142857143
Alternative 2	0,89	0,428571429	0,43	0,89	0,428571429
Alternative 3	0,22	0,428571429	0,43	0,22	0,428571429

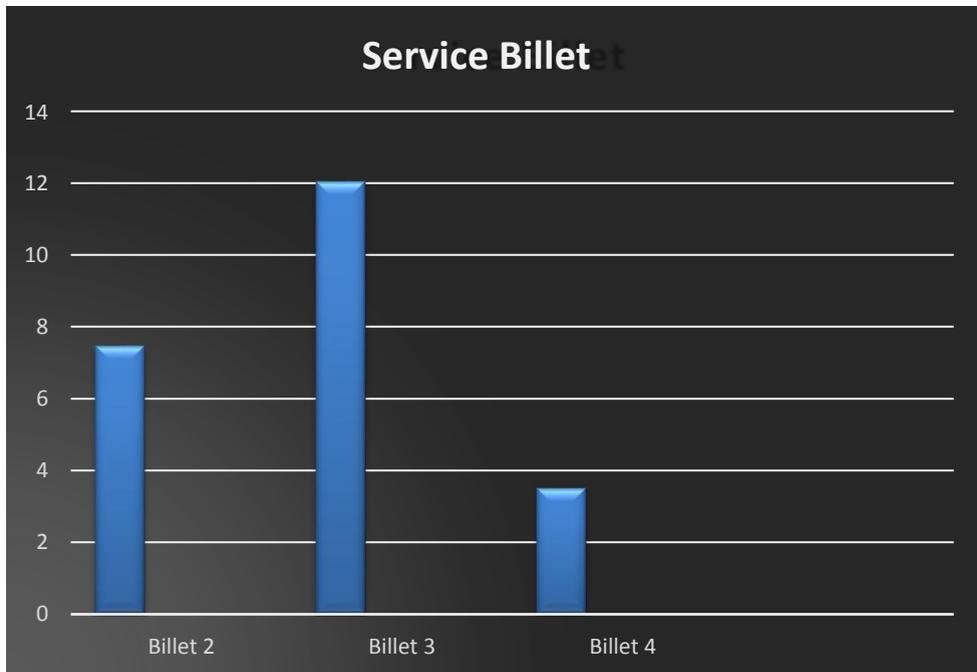
**FIGURE 4.24. Matrice de solutions(cas de service de billet )**

#### **4.4.2.11. Filtrage des solutions**

Finalement, le système calcule et affiche le score final pour tous les utilisateurs de notre système.

Alternatives	Final score
Alternative 1	7,46005706
Alternative 2	12,03175942
Alternative 3	12,61097569

**FIGURE 4.25. Filtrage de solution (cas de service de billet )**



**FIGURE 4.26.** Graphe d'illustration de score final (cas de service de billet)

De la même façon les décideurs de location et d'hôtel effectuer le même calcul, le résultat final sera :



**FIGURE 4.27.** Graphe d'illustration de score final (cas de service de Location)



**FIGURE 4.28.** Graphe d'illustration de score final (cas de service d'Hôtel)

## **4.5. Conclusion**

Au cours de ce chapitre, nous avons testé notre méthode à travers une étude de cas. Dans un premier temps nous avons présenté une étude de cas, en utilisant notre méthode proposée, nous avons déterminé le meilleur billet d'avions parmi trois alternatives potentielles face à cinq critères d'évaluation. La décision est prise dans un environnement par cinq décideurs.

Les résultats obtenus de cette étude de cas présenté dans ce chapitre montrent que notre méthode répond à l'objectif recherché et ainsi retenues pour la sélection de la meilleure alternative dans un contexte de multi-attribut et multi-acteur.

# Conclusion

Générale  
Générale

## **1. Conclusion**

Dans le domaine d'aide à la décision nous avons trouvé plusieurs travaux sur la décision mono-décideur, par contre la décision multi-décideurs n'as pas attiré beaucoup d'attention. De ce fait, nous avons développé une méthode multi-attribut et multi décideur.

Notre méthode est basée sur la méthode AHP, issue de l'aide à la décision multi-attribut, pour laquelle nous avons intégré l'aspect multi-décideurs.

Son objectif est de sélectionner une meilleure alternative parmi un ensemble d'alternatives potentielles.

Pour atteindre cet objectif, notre méthode évalue différentes alternatives non seulement selon différents critères, mais aussi en tenant compte de la pertinence des préférences des nombreux décideurs impliqués dans le processus décisionnel.

Dans ce processus, chaque décideur est invité à exprimer ses préférences, sur l'importance des critères d'évaluation et aussi sur le point de vue de toutes les alternatives, pour que chaque décideur peut défendre les intérêts du service qui le représente.

Notre méthode se décompose des huit (8) grandes étapes : les trois première c'est l'identification des paramètres initial (décideurs, et les critères d'évaluation), la quatrième s'atourne sur la construction de la matrice d'importance des différents critères d'évaluation, la cinquième est tout simplement le calcul des indices, la seizième concerne l'évaluation des alternatives, la septième c'est la déterminaison de relation entre les critère et le alternative et dans la dernière étape le filtrage des alternatives est affiché.

Afin d'illustrer bien notre méthode, nous avons conduit une étude de cas, pour choisir une meilleure solution parmi trois alternatives potentielles. Ces alternatives sont évaluées par cinq décideurs par rapport à cinq critères. Les résultats obtenus montrent que la méthode proposée répond à l'objectif recherché et ainsi retenue pour la sélection de la meilleure alternative dans un contexte de multi-attribut et multi-décideurs.

## **2. Perspectives**

Dans notre futur travail nous essayons d'introduire l'outil qui permet de représenter précisément un corpus de connaissances sous une forme utilisable par une machine qui est « l'ontologie » pour développer une ontologie, qui permet de représenter des critères et des relations possibles ces critères, dans le but de proposer de nouvelles stratégies pour trouver la meilleure alternative toujours dans le cas de présence de plusieurs décideurs.

# Références

## Références

---

- [1] L. Denoyer, “Architecture Orientée Service, JSON et API REST,” 2015.
- [2] F. Des, S. Exactes, and E. T. Sny, “Proposition d’une approche de Monitoring des Qualités de services ( QoS ) des services web composés Titi Ouahiba.”
- [3] “Le contrôle de Qos pour les services web,” pp. 1–66.
- [4] M. D. E. L. Enseignement, S. Et, and D. E. L. A. Recherche, “SELECTION DE WEB.”
- [5] I. Taleb, “u,” 2006.
- [6] Z. Brahmi, “Composition automatique des services Web à base des agents coopératifs Mémoire Composition automatique des services Web à base des agents coopératifs,” no. January 2012, 2017, doi: 10.13140/RG.2.2.15806.69443.
- [7] B. Tlemcen, D. Abdelhamid, B. M. Amin, M. B. Mortada, M. H. Fethallah, and M. M. Mohammed, “g { ç Åx,” pp. 2011–2012, 2012.
- [8] M. H. Amal, H. Fethallah, and S. Ismail, “Thème,” pp. 2017–2018, 2018.
- [9] C. Amine, B. Badr, and B. Tlemcen, “Thème Composition des Services Web Sémantiques À base d’ Algorithmes Génétiques Remets,” 2012.
- [10] D. Benmerzoug, “Composition de Services Web Composition de Services Web Plan :”
- [11] R. Scientifique, “Vers une composition automatique des services web Remerciements,” 2018.
- [12] A. M. De B and M. S. Sarah, “Composition de services avec QoS globale basée sur les algorithmes génétiques dans les environnements.”
- [13] D. D. Informatique, “t interopération des services web sémantiquComposition ees,” 2014.
- [14] E. Algérienne, D. Et, E. Supérieur, E. T. D. E. La, and R. Scientifique, “Composition sémantique des services web dans un contexte d’ ebXML,” 2011.

## Références

---

- [15] E. Informatique, “Mémoire de Magister Thème Dédicace.”
- [16] A. Abdelkader, “Aide à la facilitation pour une prise de décision collective : proposition d’un modèle et d’un outil,” *Adv. Knowl. Discov. Data Min.*, p. 170, 2010.
- [17] N. A. Diago, “Mécanismes de négociation multilatérale pour la prise de décision collective  
To cite this version : Mécanismes de négociation multilatérale pour la prise de décision collective,” 2019.
- [18] D. Bouyssou, U. Gent, and P. Perny, “Théorie du choix social et aide multicritère à la décision,” 2005.
- [19] M. Personal and R. Archive, “Munich Personal RePEc Archive Social choice and fair sharing : An a posteriori mathematical analysis of legislative and presidential elections in the Democratic Republic of the Congo in 2006 and 2011,” no. 64915, 2015.
- [20] D. Bouyssou, U. Gent, and P. Perny, “Théorie du choix social et aide multicritère à la décision,” 2005.
- [21] R. Peyre, “Des mathématiques pour améliorer la démocratie,” vol. 12, no. 1, p. 145, 2017.
- [22] P. Minist et al., “Mémoire de fin de diplôme de Master en Aide multicritère  
Remerciements,” 2018.
- [23] D. A. À. L. A. Décision, “Présentée par,” 2016.
- [24] B. Ferdjallah, M. Bezoui, F. Cheurfa, and W. Drici, “Conception d’un outil d’aide multicritère à la décision pour le ranking des projets d’exploration dans l’amont pétrolier (SONATRACH) Remerciements,” 2017.
- [25] D. Lmd, “Élaboration d’un Modèle De Négociation Par Les Web Services Dans Un Système D’Aide Multicritères À La Décision De Groupe,” 2019.

## Références

---

- [26] V. U. N. Systeme, L. A. Decision, S. D. E. Groupe, and N. P. A. R. Argumentation, “Doctorat en Sciences VERS UN SYSTEME D ’ AIDE A LA DECISION SPATIALE,” 2019.
- [27] R. Algerienne and D. Et, “Dédicaces,” 2019.
- [28] : Saaty, T. L. L. \$.(1980). TheAnalytic Hierarchy, Process. New York: MaGraw-Hill, 271-278.
- [29] : G. M. MARAKAS. Decision support system in the twenty first century. Editions Prentice Hall, 1999.
- [30] : BETOUIL, A. A. (2015). Contribution à la Recherche du Meilleur Compromis dans la Décision Multicritère (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar Annaba).
- [31] : <https://www.excel-easy.com/vba.html>
- [32] : <http://staruml.io/>