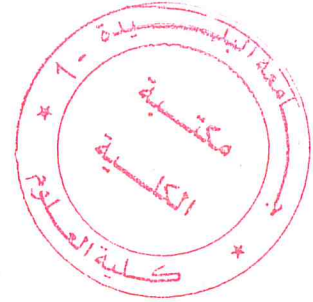


**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Blida 1**  
**Faculté des Sciences**  
**Département d'Informatique**



**Pour l'obtention du diplôme de Master en Informatique**  
**Option : système d'informatique et réseaux**

**THEME**

**Conception d'un système d'aide à la décision pour**  
**l'amélioration réseau FTTH**

**ORGANISME D'ACCUEIL : Algérie Telecom**

**Réalisé par :**

**MANSUER Naima**

**Président : Mme BOUMAHDI (Université blida1)**

**Examineur : Mr BAOUYA (Université blida1)**

**Promoteur : Mr BENYAHIA Mohamed (Université blida1)**

**Encadreur : Mr RAHMANI Amine (C.E.L Algérie Telecom)**

*Promotion 2017/2018*

## Résumé

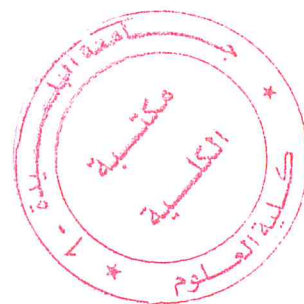
Anticipant une évolution rapide dans les usages des clients aux foyers, nécessitant plus de simultanéité et de qualité, la fibre optique en utilisant la technologie FTTH (Fiber To The Home) offre de très larges bandes passantes et une atténuation fiable du signal ainsi que de débits très élevés.

La topologie du réseau de transmission de signal numérique constitue un facteur important qui touche directement les performances du réseau de télécommunication.

D'où le travail demandé consiste à l'extraction des meilleures topologies possibles pour l'implémentation des équipements de transmission, en prenant compte différents critères (Distance, Cambrement, Cout).

Si on simule la topologie du réseau en un graphe, on peut dire que le problème fait appel à trois axes de recherche:

- La recherche du plus court chemin dans un graphe.
- La recherche de la tournée minimale dans un graphe.
- L'aide à la décision multicritères.



**Mots-clés : FTTX, FTTH, aide à la décision, PON, GPON, fibre optique.**

## **Summary**

Anticipating a rapid evolution in the use of home customers, requiring more simultaneity and quality, optical fiber using FTTH technology (Fiber To The Home) offers very wide bandwidths and reliable signal attenuation and flow rates very high.

The topology of the digital signal transmission network is an important factor that directly affects the performance of the telecommunication network.

From where the requested work consists in the extraction of the best possible topologies for the implementation of the equipment of transmission, taking into account various criteria (Distance, Surroundings, Cost).

If we simulate the topology of the network in a graph, we can say that the problem calls upon three axes of research:

- The search for the shortest path in a graph.
- Searching for the minimal tour in a graph.
- Multi-criteria decision support.

**Key-words:** FTTH, FTTH, PON, GPON, Fiber OPTIC, decision system support.

## Table des matières

Liste des abréviations.....	6
Introduction générale .....	8
1. Contexte générale :.....	8
2. Problématique .....	9
3. Objectifs.....	10
4. Organisation du mémoire .....	10
I. CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART .....	13
I.1. Introduction.....	13
I.2. Les méthodes d'aide à la décision .....	13
I.2.1.1. Décision .....	13
I.2.1.2. Décideur .....	13
I.2.1.3. Aide à la décision [2].....	13
I.2.1.4. Système d'aide à la décision [14] .....	13
I.2.1.5. Les phases de la décision [1] .....	14
I.2.2. Typologie des Systèmes d'aide à la décision [3].....	15
I.2.3. Les méthodes d'aide à la décision multicritère .....	17
I.3. Plus court chemin.....	23
I.3.1. Définitions [14] .....	23
I.3.2. Les problèmes de chemins optimaux.....	23
I.3.3. Algorithme de Djikstra [18] .....	24
I.3.4. Algorithme de Bellman-Ford.....	26
I.3.5. Algorithme de Floyd-Warshall .....	27
I.3.6. Méthodes approchées .....	28
I.3.7. Comparaison entre les méthodes du plus court chemin .....	32
I.3.8. Discussion : [25].....	33
I.4. Problème du voyageur de commerce.....	34
I.4.1. Les problèmes mono-objectifs et multi-objectifs.....	34
I.4.2. Les méthodes de résolution .....	34
I.5. Conclusion .....	39
II. Chapitre 2 :Réseau FTTH .....	41
II.1. Introduction.....	41
II.1.1. Description du contexte.....	41



II.2.	Conclusion .....	52
III.	Chapitre 3 : Conception de système .....	54
III.1.	Introduction .....	54
III.2.	Démarche utilisée .....	54
III.3.1.	Identification des acteurs et de cas d'utilisation .....	56
III.3.2.	Diagrammes de cas d'utilisation du système d'information.....	57
III.4.	Diagrammes des séquences: .....	60
III.4.1.	Diagramme de séquence « Ajouter utilisateur » .....	61
III.4.2.	Diagramme de séquence « Ajouter un équipement ».....	62
	.....	62
III.4.3.	Diagramme de séquence « Modifier informations d'un équipement » .....	62
III.4.4.	Diagramme de séquence « supprimer un équipement ».....	63
III.4.5.	Diagramme de séquence « Ajouter une localisation sur map ».....	63
III.4.6.	Diagramme de séquence « Confirmer localisation d'un équipement » .....	64
III.4.7.	Diagramme de séquence « Rechercher les meilleures chemins entre OLT et FDT »	64
III.4.8.	Diagramme de séquence « Rechercher les topologies possibles four FAT » .	65
III.5.	Diagramme de classes : .....	66
III.6.	Processus du système : .....	67
III.7.	Conclusion .....	74
IV.	Chapitre 4 : Implémentation et tests .....	76
IV.1.	Introduction.....	76
IV.2.	Environnement de développement de l'application .....	76
IV.2.1.	plateforme de développement Web (XampServer).....	76
IV.2.2.	Les langages de scripts utilisés .....	76
IV.2.3.	Choix de SGBD : MY SQL.....	77
IV.2.4.	Google MAPS API : .....	77
IV.2.5.	Google MATRIX DISTANCE API [31] .....	78
IV.3.	Outils de développement .....	78
IV.4.	Les interfaces de l'application .....	79
IV.4.1.	Interface « authentification » .....	79
IV.4.2.	Interface « page administrateur ».....	79
IV.4.3.	Interface « liste des utilisateurs ».....	80
IV.4.4.	Interface « Ajouter utilisateur » .....	80

IV.4.5. Interface.....	81
IV.4.6. Interface « Liste des équipements ».....	81
Après l'authentification de l'agent de saisie, on peut consulter les listes de tous les équipements. ....	
	81
Pour modifier ou supprimer un équipement, dans chaque ligne d'un équipement il y'a icone de modifier et l'icone de supprimer. ....	
	81
IV.4.7. Interface « Ajouter équipement» .....	82
IV.4.8. Interface « Liste des cables ».....	84
IV.4.9. Interface « Ajouter un cable » .....	84
IV.4.10. Interface «liste des liaisons ».....	85
IV.4.11. Interface «ajouter liaison » .....	85
L'agent choisit les types des équipements, et clique 'Ajouter' .....	
	85
Cette page s'affiche.....	
	85
IV.4.12. Interface «Ajouter localisation de l'équipement » .....	86
IV.4.13. Interface « Topologie possible pour OLT ».....	87
IV.4.14. Interface « Solutions proposés pour FAT » .....	87
	88
IV.5. Conclusion .....	90
V. Conclusion générale.....	91
Bibliographie .....	94
Annexe.....	95
Annexe.....	95
L'application de la méthode AHP : .....	95

### Liste des Tableaux

Tableau I-1- Echelle de Saaty de la méthode AHP [7].....	19
Tableau I-2- Indice de cohérence moyen [7].....	20
Tableau I-3- Comparaison entre les méthodes d'aide à la décision multicritère.....	22
Tableau I-4 – Comparaison entre les méthodes de résolution du problème du plus court chemin [25].....	33
Tableau III-1 : comparaison entre deux critères deux à deux .....	73



## Liste des Figures

Figure I-1 Modelé IDC[1].....	15
Figure I-2– Fonctionnement de l’algorithme génétique [5].....	37
Figure II-1 Infrastructure FTTH sous architecture Point-à-point.....	42
Figure II-2 Infrastructure FTTH sous architecture PON .....	43
Figure II-3- Réseau APON selon ITU-T G.983 .....	44
Figure II-4- EPON DOWNSTREAM.....	44
Figure II-5- EPON UPSTREAM .....	45
Figure II-6- Réseau GPON.....	46
Figure II-7- Architecture WDM-PON.....	47
Figure II-8- Model OSI.....	48
Figure II-9- FTTH sous architecture GPON.....	50
Figure III-1 modèle de cycle de vie en cascade.....	55
Figure III-2 – Diagramme de cas d’utilisation « globale ».....	57
Figure III-3- Diagramme de cas d’utilisation «Gérer les utilisateurs et localisations» .....	58
Figure III-4- Diagramme de cas d’utilisation «Saisir les informations de réseau» .....	59
Figure III-5 Diagramme de cas d’utilisation « Consulter la topologie du réseau».....	60
Figure III-6 : diagramme de séquence « ajouter utilisateur » .....	61
Figure III-7 : diagramme de séquence « Ajouter équipement ».....	62
Figure III-8 : diagramme de séquence « Modifier informations d’un équipement «.....	62
Figure III-9 : diagramme de séquence « Supprimer un équipement » .....	63
Figure III-10 : diagramme de séquence « Ajouter localisation d’un équipement sur map »..	63
Figure III-11 : diagramme de séquence « Confirmer localisation d’un équipement sur map » .....	64
Figure III-12 : digramme de séquence « rehcher les meilleures chemins entre OLT et FDT ».....	64
Figure III-13 : diagramme de séquence « Rechercher les topologies possibles pour un FAT » .....	65
Figure III-14 diagramme de classe.....	66
Figure III-15 : schéma descriptif du processus meilleurs chemin entre les OLTs .....	68
Figure III-16 : Schéma descriptif du processus meilleurs chemins entre FAT et les OLTs ...	70
Figure III-17 : schéma descriptif de processus de l’aide à la décision.....	73
Figure IV-1 : interface « authentification » .....	79
Figure IV-2 : interface « page administrateur ».....	79
Figure IV-3 :interface « liste des utilisateurs ».....	80
Figure IV-4 :interface « ajouter un utilisateur » .....	80
Figure IV-5 : interface « confirmer localisation » .....	81
Figure IV-6 :interface « liste des équipements » .....	81
Figure IV-7 :interface « Ajouter équipement » .....	82
Figure IV-8 :interface « Ajouter FAT » .....	82
Figure IV-9 : interface « Ajouter FDT » .....	83
Figure IV-10 : interface « Ajouter OLT » .....	83
Figure IV-11 :interface « liste des cables » .....	84

Figure IV-12 : interface « Ajouter cable » .....	84
Figure IV-13 : interface « choisir deux equipement pour cablé ».....	84
Figure IV-14 : interface « liste des liaisons » .....	85
Figure IV-15 : interface « ajouter liaison » .....	85
Figure IV-16 :interface « choisir deux equipements à liés » .....	85
Figure IV-17 : interface « Ajouter localisation d'un equipement » .....	86
Figure IV-18 : interface « topologie possibles pour OLT».....	87
Figure IV-19 : interface « Evaluation des topologies trouvés pour OLT».....	87
Figure IV-20 :interface « chercher code de FAT ».....	87
Figure IV-21 : interface « liste prpopsée pour le FAT ».....	88
Figure IV-22 : interface « Evaluation des chemins proposés » .....	88



## Liste des abréviations

APON: ATM PON

BPON: Broadband PON

EPON: Ethernet PON

FAT: Fiber Access Terminal (Terminal d'Access Optique)

FDT: Fiber Distribution Terminal (Terminal de Distribution Optique)

FTTH: Fiber To The Home (Fiber jusqu'à la maison)

GPON: Gigabit PON

ODN: Optical Distribution Network

OLT: Optical Line Terminal (Terminal de réseau Coeur)

ONU: Optical Network Unit (Unité réseau optique)

PON: Passive Optical Network (réseau optique passif)

TDM: Time Division Multiplexing

WDM: Wave Division Multiplexing

OSI: Open System Interaction

Introduction

Generale

## **Introduction générale**

### **1. Contexte générale :**

Les entreprises évoluent aujourd'hui dans un environnement de plus en plus complexe. Ainsi, l'information collectée et valorisée grâce à l'outil informatique peut être une ressource stratégique pour prendre rapidement des décisions en permettant aux dirigeants d'avoir une vue pertinente de l'activité traitée et d'améliorer en permanence leur performance et leur compétitivité.

La recherche de l'information est une activité inévitable pour prendre des décisions dans les entreprises et les organisations. Les données disponibles ou celles recueillies sur le terrain, permettent à la fois de faire l'état de la situation actuelle et d'effectuer surtout des analyses et des projections sur le futur plus ou moins lointain, des projections qui constituent en fait l'objet même de la prise de décision et de l'action.

A ce titre, les dirigeants d'entreprises recourent de plus en plus à l'Informatique Décisionnelle . Celle-ci est définie à l'origine comme « un ensemble de systèmes interactifs d'aide à la décision » visant à atteindre les objectifs assignés grâce à une valorisation et une exploitation optimale de l'information. Elle désigne les méthodes, les moyens et les outils et qui permettent de collecter, agréger, restructurer, et restituer les données d'une entité afin d'offrir une aide à la décision et permettre au décideur de disposer d'une vue d'ensemble de l'activité considérée.

Ce domaine relativement nouveau, est en effet investi par les décideurs pour obtenir une connaissance approfondie de l'entreprise et mettre en oeuvre leurs stratégies. L'objectif étant d'acquérir un avantage concurrentiel, d'améliorer la performance de l'entreprise, d'augmenter sa rentabilité, de réagir plus rapidement aux changements et plus globalement la création de richesse au sein de l'organisation.

Dans le cadre de la présente étude, nous proposons de mettre en lumière l'importance de l'informatique décisionnelle et les apports de celle-ci pour le management et la prise de décision dans les entreprises.

Le centre d'intervention, Centre d'Entretiens des Lignes (C.E.L) BLIDA, a pour objectives d'intervenir dans les zones gérées par les DRT Blida et DRT Alger, des liaisons des fibres optiques, installation et mise en service des armoires optiques.... Pour cela des ordres de de missions sont indispensables comme un justificatif des agents lors d'une missions ainsi pour le remboursement des frais de missions.

## **2. Problématique**

Anticipant une évolution rapide dans les usages des clients aux foyers, nécessitant plus de simultanéité et de qualité, la fibre optique en utilisant la technologie FTTH (Fiber To The Home) offre de très larges bandes passantes et une atténuation fiable du signal ainsi que de débits très élevés.

La topologie du réseau de transmission de signal numérique constitue un facteur important qui touche directement les performances du réseau de télécommunication.

D'où le travail demandé consiste à l'extraction des meilleures topologies possibles pour l'implémentation des équipements de transmission, en prenant compte différents critères (Distance, Cambrement, Cout).

Si on simule la topologie du réseau en un graphe, on peut dire que le problème fait appel à trois axes de recherche:

- La recherche du plus court chemin dans un graphe.
- La recherche de la tournée minimale dans un graphe.
- L'aide à la décision multicritères.



### **3. Objectifs**

Notre projet de fin d'études a pour objectifs de :

- Développer une application web afin de proposer des topologies au chef de centre (décideur). Cette application est constituée d'une interface graphique qui facilite à l'utilisateur les actions suivantes :

- ✓ Gestion des équipements
- ✓ Gestion des câbles et liaisons entre les équipements
- ✓ Consulter les listes de différents équipements
- ✓ Consulter des topologies proposées

### **4. Organisation du mémoire**

Notre mémoire est organisé de la manière suivante :

- Le premier chapitre présente l'étude préliminaire à la notion systèmes aide à la décision, et les algorithmes ainsi que les méthodes utilisées.
- Le deuxième chapitre contient la définition de réseau FTTH et la présentation générale de l'organisme d'accueil.
- Le troisième chapitre présente l'étude conceptuelle où on a utilisé le processus de développement en CASCADE avec les diagrammes du langage UML (cas d'utilisations, séquences, classe).
- Le dernier chapitre est consacré à la réalisation et l'implémentation de l'application, il contient des captures d'écran de l'application Web réalisée.
- Enfin on termine avec une conclusion générale.



# Introduction

## General

# CHAPITRE 1

---

ETAT DE

L'ART



## **I. CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART**

### **I.1.Introduction**

Ce chapitre vise à présenter et à définir les différents concepts des technologies décisionnelles servant notre problématique. On doit étudier les composants d'un Système d'Information d'Aide à la Décision (SIAD), leurs architectures ainsi que les méthodes de la recherche opérationnelle afin de présenter les solutions plus possibles.

### **I.2.Les méthodes d'aide à la décision**

#### **I.2.1. Définitions :**

##### **I.2.1.1.Décision**

La plupart des écoles rationalistes analytiques définissent la décision comme étant un choix entre plusieurs alternatives. Elle a pour but la résolution de problèmes qui se posent à l'organisation ou à l'individu; et elle peut correspondre à un changement de l'environnement (comportement réactif) ou au désir de saisir une opportunité et ainsi changer l'environnement (comportement d'anticipation). Dans le même sens, Fernandez (1999) a défini la décision par : « Décider, c'est prendre des risques certes mais c'est être en réaction face à un choix stratégique à prendre » [1]

##### **I.2.1.2.Décideur**

Le décideur peut être le responsable d'une organisation ou le responsable d'une fonction de l'organisation. Nous associons le terme "**Décideur**" et la responsabilité vis à vis de la pérennité de l'organisation [1].

##### **I.2.1.3.Aide à la décision [2]**

L'ensemble des techniques permettant, pour une personne donnée, d'opter pour la meilleure prise de décision possible.

##### **I.2.1.4.Système d'aide à la décision [14]**

Un logiciel interactif qui aide les décideurs à dégager des informations utiles à partir de données brutes, de documents, de connaissances personnelles et de modèles métier afin d'identifier et résoudre des incidents et prendre des décisions.

Généralement, un système d'aide à la décision regroupe les informations suivantes:

- Ensemble des informations en cours (y compris celles provenant de sources de données propriétaires ou relationnelles, de cubes, entrepôts de données et data marts)
- Comparaison des valeurs du Taux d'une période à l'autre
- Conséquences des différentes décisions possibles, compte tenu de l'expérience passée.

#### **I.2.1.5. Les phases de la décision [1]**

La décision ne se réduit pas à un simple choix à faire entre plusieurs alternatives.

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

- Renseignement (Intelligence) : Recherche d'information en fonction des questions que se pose le décideur, définition du problème à résoudre, c'est-à-dire identification des objectifs ou buts, classification de celui-ci, décomposition du problème en sous-problèmes – beaucoup de problèmes complexes peuvent être divisés en sous-problèmes plus simples à résoudre qui aide à résoudre le problème plus complexe.
- Conception (Design) : la construction ou le choix d'un modèle du processus de décision, détermination des variables de décision, des variables incontrôlables, des relations mathématiques ou symboliques ou qualitatives entre ces variables et construction de solutions.
- Choix(Choice) : Le décideur choisit entre les différentes suites d'actions-solutions- qu'il a été capable de construire et d'identifier pendant la phase précédente. Cette étape se décompose en deux étapes : celle de recherche et celle d'évaluation.
  - La phase de recherche peut être de type analytique (optimisation, toutes les alternatives sont atteintes), aveugle (recherche exhaustive ou partielle)

et heuristique. Dans ces deux cas, seule une solution respectivement soit assez bonne, soit satisfaisante est fournie.

- La phase évaluation qui est l'étape finale qui amène à une recommandation solution.

Evaluation des choix précédentes : Après le choix, et dans la mesure où la décision s'intègre dans un processus dynamique ; Une rétroaction intelligente permet de corriger bien des erreurs sur le déroulement d'un processus décisionnel.

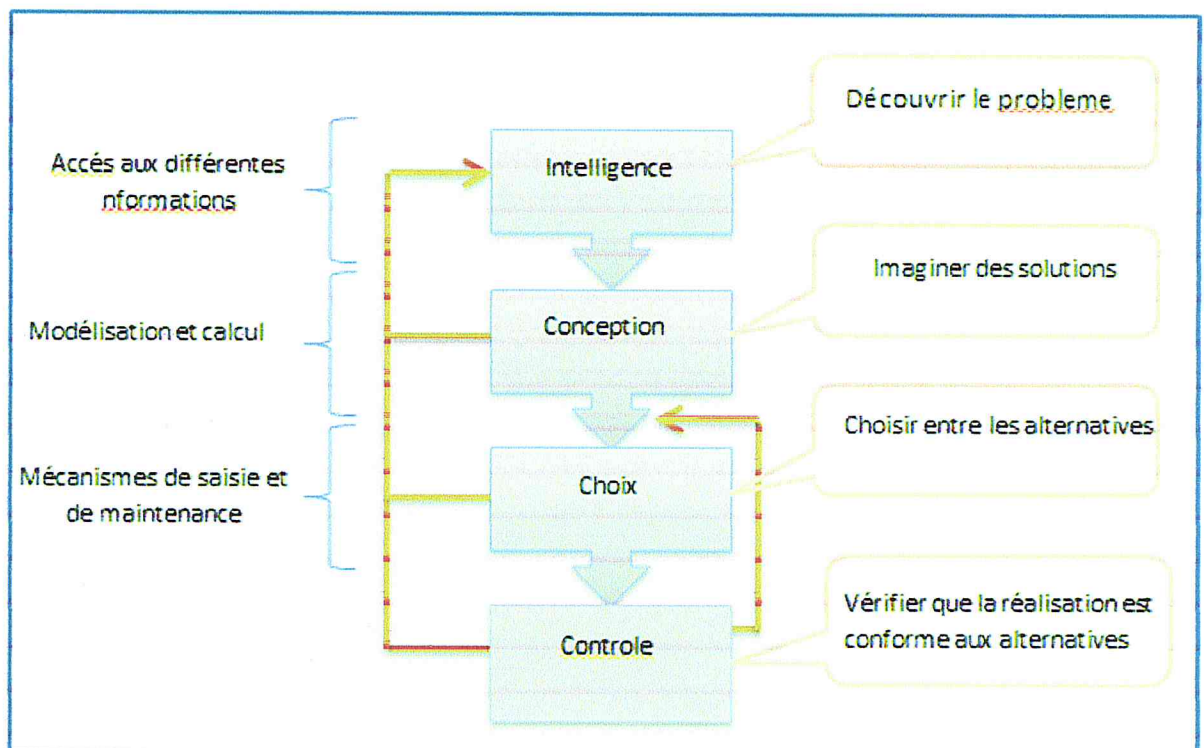


Figure I-1 Modelé IDC[1]

### I.2.2. Typologie des Systèmes d'aide à la décision [3]

De la même manière que les définitions varient en fonction des auteurs, il n'existe pas d'architecture standard pour un SIAD (système d'information d'aide à la décision).



Chaque auteur reprend sous le terme de SIAD un ensemble plus ou moins étendu de composants. Nous ferons donc plutôt ressortir les différences entre les types de SIAD que leur structure propre.

On peut distinguer deux classifications des SIAD : une classification selon le niveau de la décision impliqué et une autre selon l'envergure de décision, on va détailler celle selon le niveau de la décision dans ce qui suit.

### **I.2.2.1. Classement selon le niveau de décision**

Lorsqu'on ne prend en compte que le niveau de décision impliqué par un SIAD, on distingue quatre types de SIAD :

- EIS : Exécutive Information System;
- ESS : Exécutive Support System;
- DSS : Décision Support System;
- PSS : Planning Support System.

#### **➤ Exécutive Information System (EIS)**

Ce sont des applications de type tableau de bord destinées à mettre à la disposition des décideurs tout ou une partie de l'information dont ils ont besoin pour mener à bien leur mission.

TURBAN définit l'EIS comme "un outil fournissant au décideur l'information utile qui lui permet de se focaliser sur les données critiques et d'avoir une bonne appréciation de l'organisation" [4].

MAWHINNEY et MILLET considèrent l'EIS comme un "système qui intègre des informations en provenance de sources internes et externes permettant aux dirigeants de contrôler et de demander des informations d'importance vitale pour eux et présentées de façon personnalisée" [1].

#### **➤ Exécutive Support System (ESS)**

L'ESS va au-delà de l'EIS car il inclut des outils de communication, d'analyse et d'intelligence.



Afin de mieux distinguer les deux systèmes, nous dirons que l'EIS est un outil permettant au décideur de se focaliser sur des données critiques pour obtenir une appréciation de l'organisation. L'ESS doit permettre l'analyse de ces données pour donner une appréciation du futur de l'organisation grâce aux modèles d'analyse. Le passage de l'information à l'intelligence implique de pouvoir affecter le futur (axe temporel et visualisation des liens).

#### ➤ **Décision Support System (DSS)**

C'est un système interactif qui aide le décideur à exploiter les données et les modèles pour trouver une solution à un problème non structuré et analyser l'effet d'éventuels changements de l'environnement sur l'organisation.

Le but du DSS est d'aider pour prendre une décision et non pas de remplacer le décideur. Toutefois, il doit permettre de faire la planification stratégique, ainsi que de la budgétisation à long terme .

#### ➤ **Planning Support System (PSS)**

Il permet une analyse de la faisabilité des procédures ou décisions retenues (c'est adire lui fournir une assistance intelligente).

Si nous revenons au modèle IDC (Figure 1), la phase d'intelligence correspond à l'EIS et l'ESS: le premier permet au décideur de se focaliser sur des données critiques et le deuxième de faire une analyse pour une appréciation future de l'organisation. Les autres étapes du modèle IDC de SIMON peuvent être assurées selon TURBAN par le DSS qui peut faire de la planification stratégique et offre la possibilité d'analyser les effets d'éventuels changements sur l'organisation (en effectuant des simulations) .

### **I.2.3. Les méthodes d'aide à la décision multicritère**

#### **I.2.3.1. Définition [5]**

Les modèles d'aide à la décision multicritère sont des méthodes élaborées dans le but d'éclairer un décideur en fonction de ses multiples points de vue et objectifs. Ces

modèles requièrent généralement la prise en compte d'une information relative aux préférences du décideur.

### **I.2.3.2. Des méthodes d'aide à la décision multicritère [6]**

Les méthodes d'analyse multicritère sont des outils d'aide à la décision développés depuis les années 1960. De nombreuses méthodes ont été proposées afin de 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 faire ressortir. Pour d'autres, le processus d'aide à la décision doit créer ce choix.

Un grand nombre de méthodes ont été étudié, toutefois, afin d'éviter un document trop long et lourd, seules celles utilisées par la suite seront présentées. Les notes sur ces méthodes sont néanmoins disponibles.

### **I.2.3.3. Présentation de la méthode AHP [7]**

AHP est une des méthodes de prise de décision multicritères développée par SAATY en 1980. C'est une méthodologie systématique, flexible et simple, elle est utilisée fréquemment par les chercheurs et les praticiens afin de comparer plusieurs objectives ou alternatives.

L'application de la méthode AHP se fait à et l'évaluation. Les décideurs peuvent rassembler les critères qualité la structure hiérarchique [8] . La méthode intègre l'opinion et l'évaluation des experts, et décompose le problème de décision à multicritères en un système des hiérarchies, en descendant dans la hiérarchie de grands aux petits. [9]

La structure hiérarchique de la méthode AHP reflète la tendance naturelle de l'esprit de L'homme ; Cette structure hiérarchique, claire le problème et permet la contribution de chaque élément à la décisionnelle plus haut de la hiérarchie [10]. Les critères et les sous critères, étant les éléments qui influencent l'objectif, se trouvent dans les niveaux intermédiaires de la hiérarchie. Les alternatives sont le niveau le plus bas de la hiérarchie.

Cette méthode part des matrices de comparaison binaires pour arriver après quelques étapes à évaluer un vecteur de poids. La méthode AHP consiste à représenter un problème de décision par une structure hiérarchique reflétant les interactions entre les divers éléments du problème, à procéder ensuite à des comparaisons par paires des éléments de la hiérarchie, et enfin à déterminer les priorités des actions [10] AHP s'applique en procédant comme suit : (source wiki)

- Etape 1 : Décomposer le problème en une hiérarchie d'éléments inter-reliés. Au sommet de la hiérarchie, on trouve l'objectif, et dans les niveaux inférieurs, les éléments contribuant à atteindre cet objectif. Le dernier niveau est celui des actions.
- Etape 2 : Procéder à des comparaisons par paires des éléments de chaque niveau hiérarchique par rapport à un élément du niveau hiérarchique supérieur. Cette étape permet de construire des matrices de comparaison. Les valeurs de ces matrices sont obtenues par la transformation des jugements en valeurs numériques selon l'échelle de Saaty (Echelle de comparaison binaire) [11], tout en respectant le principe de réciprocité :

1	Importance égale des deux éléments
3	Faible importance d'un élément par rapport à un autre
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre.
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre.
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre.

**Tableau I-1- Echelle de Saaty de la méthode AHP [7]**

- Etape 3 : Déterminer l'importance relative des éléments en calculant les vecteurs propres correspondants aux valeurs propres maximales des matrices de comparaisons.
- Etape 4 : Vérifier la cohérence des jugements à travers l'indice de cohérence, et le ratio de cohérence CR.



$$IC = \frac{\text{CoherenceMoyenne} - \text{NombreD'Elements}}{\text{NombresD'Elements} - 1}$$

On calcule le ratio de cohérence RC définit par :

$$RC = \frac{\text{IndiceDeCoherence}}{\text{CoherenceMoyenne}}$$

Où la cohérence moyenne est donnée par le tableau suivant :

Nombre de critère	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cohérence	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

**Tableau I-2- Indice de cohérence moyen [7]**

Une valeur de RC est inférieure à 0.1 est généralement acceptable, sinon, les comparaisons par paires doivent être révisées pour réduire les incohérences.

➤ Etape5 : établir la performance relative de chacune des actions

$$\text{Notefinale} = \sum_{\text{sousCritereDePondere}} \text{PoidsDeL'actionPourLeSousCritere } i$$

\* Poids Du Sous – chemin de préférence

#### **I.2.3.4. La méthode Preference Ranking Organization (PROMETHEE) [12]**

La méthode PROMETHEE développée par est une méthode d'analyse multicritère de sur-classement.

Elle permet de définir des relations de sur-classement, d'indifférence et d'incomparabilité entre deux scénarios du meilleur au moins bon. Pour chaque scénario, une note et un poids sont attribués à chaque critère, afin d'évaluer l'indice de préférence d'un scénario sur l'autre.

Dans ce qui suit, on compare les méthodes déjà citées en fonction des critères qui nous aideront à déceler quelle méthode sera la mieux adaptée au problème posé en problématique

Critère de comparaison	Concept de classement	Difficulté de mise en œuvre	Structure du problème	Type de critère	Processus de Classement
AHP	Score	Facile	peu de critères	Fort indépendance	hiérarchique
Prométhée	Concordance	Moyen	beaucoup de critères	indépendance entre les critères, incomparables	Comparaison deux à deux
Electre	Concordance	Difficile	Beaucoup de critères	indépendance entre les critères, incomparables	comparaison deux à deux

**Tableau I-3- Comparaison entre les méthodes d'aide à la décision multicritère[13]**

### **I.2.3.7. Discussion [13]**

Pour toutes ces méthodes, le type de problème concerné est le même : problème de sur-classement, mais selon la structure du problème et le type de critère, le choix de la méthode à appliquer dépend fortement du contexte du problème du décideur (du nombre de critères présent en considération dans le problème et aussi leurs nature), mais par rapport au concept, principe et difficulté de mise en œuvre, la méthode AHP promet d'être la meilleure classée pour exposer et trier les alternatives (les solutions possibles du problème du décideur).

### **I.3. Plus court chemin**

Dans cette partie, on va définir quelque concept de base à propos des graphes, puis on aborde les différentes méthodes pouvant être appliquées pour extraire le plus court chemin dans un graphe.

#### **I.3.1. Définitions [14]**

##### **I.3.1.1. Chemin**

Un chemin (ou itinéraire ou route) dans un graphe est une suite ordonnée de nœuds tels que deux nœuds successifs soient reliés par un arc. L'origine du chemin est appelé source et la destination puits.

##### **I.3.1.2. Longueur**

Longueur d'un chemin Dans un graphe ayant des chemins values par des valeurs réelles, la manière immédiate pour évaluer la longueur d'un chemin est de sommer le poids des arcs traversés. Le plus court chemin (PCC) entre deux nœuds est le chemin qui minimise la longueur parmi tous les chemins possibles entre ces deux nœuds.

##### **I.3.1.3. Graphe connexe [15]**

Un graphe est connexe si on peut relier deux quelconques de ses sommets par une chaîne (éventuellement réduite à une arête).

#### **I.3.2. Les problèmes de chemins optimaux**

Les problèmes du plus court chemin dans un graphe sont sans doute parmi les problèmes les plus importants dans l'optimisation combinatoire.

Ces problèmes ont plusieurs champs d'application [16] considérons un graphe orienté valué  $G = (X, A, W)$ .



$X$  désigne un ensemble de  $N$  sommets (ou nœuds) et  $A$  un ensemble de  $M$  arcs.  $W(i,j)$ , aussi noté  $W_{ij}$ , est la valuation (aussi appelée poids ou coût) de l'arc  $(i,j)$ , par exemple une distance, un coût de transport, ou un temps de parcours. [17]

Le coût d'un chemin entre deux sommets est la somme des coûts de ses arcs. Les problèmes associés consistent à calculer des chemins de coût minimal (en abrégé chemin minimaux, ou plus courts chemins). Ils ont un sens si  $G$  n'a pas de circuit de coût négatif, sinon on pourrait diminuer infiniment le coût d'un chemin en tournant dans un tel circuit, appelé pour cette raison circuit absorbant . [17]

En l'absence de circuit absorbant, on peut restreindre la recherche des plus courts chemins aux seuls chemins élémentaires, c'est-à-dire ne passant pas deux fois par un même sommet. [17]

La littérature distingue trois types de problèmes : [17]

**Problème A** : Etant donné deux sommets  $s$  et  $t$ , trouver le plus court chemin de  $s$  à  $t$ .

**Problème B** : Etant donné un sommet de départ  $s$ , trouver le plus court chemin de  $s$  vers tout autre sommet.

**Problème C** : Trouver le plus court chemin entre tout couple de sommet.

Ces problèmes sont liés. Un algorithme pour A peut bien sûr être appliqué plusieurs fois pour résoudre B ou C, à part certains algorithmes conçus spécifiquement pour calculer les  $k$  meilleurs chemins entre deux sommets. Les algorithmes pour les problèmes A, B et C ne construisent qu'un des chemins possibles parmi ceux de coût minimal joignant deux sommets.

### I.3.3. Algorithme de Dijkstra [18]

Cet algorithme a été proposé par Edsger Dijkstra en 1959 pour résoudre le problème du plus court chemin dans un graphe.

### a) Principe

Initialement décrit dans Dijkstra, cet algorithme calcule le plus court chemin d'un nœud vers tous les autres nœuds, et ne fonctionne qu'avec des arcs à poids positif. Une étiquette (label) est associée à chaque nœud indiquant la plus courte distance trouvée entre le nœud et la source.

Initialement cette étiquette vaut  $+ \infty$  pour tous les nœuds, sauf pour la source où elle sera initialement à 0. [14]

Il s'agit d'un algorithme itératif et glouton, qui en partant de la source, sélectionne le nœud jamais exploré ayant l'étiquette la plus petite et met à jour les étiquettes de ses successeurs s'il y a une amélioration [14]

Donc cet algorithme repose sur un principe de propagation de labels : à chaque nœud traité, le label qui lui est associé est le coût du plus court chemin pour l'atteindre depuis le nœud de départ. A ce nœud est alors aussi associé un nœud père qui est le précédent dans le plus court chemin jusqu'à lui.

La recherche peut être arrêtée dès que le puits est le nœud de plus faible poids.

### b) Complexité [14]

La complexité de cet algorithme dépend fortement des structures de données utilisées.

Une implémentation naïve est en  $O(n^2)$ . L'utilisation de tas permet d'obtenir une complexité de l'ordre de  $O(n \log n)$

### c) Utilisation

L'algorithme de Dijkstra sert à résoudre le problème du plus court chemin. Il s'applique à un graphe connexe dont le poids lié aux arêtes est positif ou nul [19]. L'algorithme est formulé pour traiter les problèmes A et B [17]

### **I.3.4. Algorithme de Bellman-Ford**

Cet algorithme a été proposé par Bellman Ford en 1958 pour résoudre le problème du plus court chemin dans un graphe. [14]

#### **a) Principe [14]**

L'algorithme de Bellman-Ford se distingue du précédent par le fait que l'ordre de parcours des sommets ne peut pas être obtenu en sélectionnant le sommet ayant le plus petit label à une itération donnée du fait des arcs à coûts négatifs.

A chaque itération, tous les arcs sont examinés et pas seulement ceux adjacents au nœud le plus prometteur. Il faut donc déterminer a priori un ordre de parcours des sommets. Cet ordre a une influence très importante sur le nombre d'itération de l'algorithme. Un ordre de parcours des sommets permettant de faire un seul passage sur l'ensemble des sommets du graphe définit un ordre topologique.

Au pire des cas, l'algorithme peut effectuer autant d'itérations qu'il y a de sommets dans le graphe.

Cet algorithme permet d'utiliser des arcs avec des poids négatifs. Cependant, si un circuit absorbant est détecté l'algorithme s'arrête (Un circuit absorbant est une boucle dont le poids total est négatif).

Le plus court chemin bouclerait donc infiniment le long de ce circuit).

#### **b) Complexité**

Cet algorithme possède une complexité au pire de l'ordre de  $(n \cdot m)$  où  $m$  est le nombre d'arcs du graphe et  $n$  est le nombre de nœuds [14].

### c) Utilisation

L'algorithme de Bellman Ford recherche le plus court chemin en termes de longueur sur les arcs de la source (sommet donné en entrée de l'algorithme) aux autres sommets du graphe.

Cet algorithme construit un arbre de sommets de coût minimum, les plus courts chemins de la source vers tous les autres sommets du graphe se retrouvent en parcourant cet arbre.

Il est plus pratique sur des graphes de taille réduite et il utilise des piles de sommets pour sélectionner les plus courts chemins. [19]

Le principal avantage de cet algorithme est qu'il est possible de détecter des circuits absorbants, mais il ne permet pas de résoudre le problème du plus court chemin avec des arcs de poids négatifs sans circuit.

#### I.3.5. Algorithme de Floyd-Warshall

Cet algorithme a été proposé par Floyd-Warshall en 1962 pour résoudre le problème du plus court chemin dans un graphe.

##### a) Principe [20]

Le principe de cet algorithme est qu'à chaque itération, on va fixer un point de passage à l'ensemble des itinéraires et mettre à jour les itinéraires qui sont améliorés en passant par ce point.

Soit  $G = (X, A, W)$ .  $X$  désigne un ensemble de  $N$  sommets et  $A$  un ensemble de  $M$  arcs.

$W(i,j)$  est l'évaluation du coût de l'arc  $(i,j)$ .



On suppose que le graphe ne possède pas de cycle de poids strictement négatif et que le graphe  $G$  donné par sa matrice d'adjacence  $M \in M_n(\mathbb{R} \cup \{+\infty\})$ . Les sommets de  $G$  sont donc, les entiers de 1 à  $n$ .

Pour  $i, j$  entre 1 et  $n$ ,  $M_{ij}$  est le poids de l'arête du sommet  $i$  vers le sommet  $j$  si une telle arête existe, et  $+\infty$  sinon.

On définit par récurrence sur  $k$  une suite  $(M^{(k)})$ ,  $k \in \mathbb{N}$  en posant  $M^{(0)}=M$  et pour tout  $k \in \mathbb{N}$  et tous  $i, j \in [1 ; n]^2$  :  $M_{ij}^{k+1} = \min (M_{ij}^k, M_{i,k+1}^k + M_{k+1,j}^k)$ .

#### b) Complexité [21]

Cet algorithme possède une complexité d'ordre de  $n^3$  ou  $(n)$  est le nombre de nœuds du graphe étudié.

#### c) Utilisation [21]

Cet algorithme a un intérêt un peu différent des deux précédents du fait qu'il calcule l'itinéraire le plus court pour tous couples de sommets du graphe et pas pour un seul couple, donc il permet de résoudre les problèmes du type C.

Il s'applique sur les graphes du poids positif et négatif, mais pas sur ceux ayant un circuit de poids négatif.

#### I.3.6. Méthodes approchées [22]

Une méthode d'optimisation peut être déterministe ou stochastique. Nous retrouvons également une opposition dans les termes "exacte" et "heuristique".

En effet, l'utilisation des méthodes exactes n'est pas toujours possible pour un problème donné, à cause de temps de calcul trop important ou bien à cause d'une séparation du problème impossible. Dans ces cas, nous utiliserons des méthodes approchées, appelées heuristiques.



À l'invention et à la recherche. Ces méthodes exploitent au mieux la structure du problème considéré dans le but de trouver une solution approchée, de qualité "raisonnable" (solutions approchées sans garantie d'optimalité du problème, en un temps de calcul raisonnable), en un temps aussi faible que possible. Typiquement, elles trouvent une solution approchée à un problème NP en temps polynomial.

Lorsque l'on veut résoudre un problème d'optimisation, on recherche la meilleure solution possible à ce problème, c'est-à-dire l'optimum global. Cependant, il peut exister des solutions intermédiaires, qui sont également des optimums, mais uniquement pour un sous-espace restreint de l'espace de recherche : on parle alors d'optimums locaux .

Les méthodes approchées pour la résolution du problème du PCC sont très utilisées dans le domaine de l'intelligence artificiel et des jeux vidéo par exemple car elles permettent l'obtenir une solution de façon très rapide. Les algorithmes de résolution approchée du problème du PCC les plus connus sont l'algorithme A\* et l'algorithme génétique.

#### **I.3.6.1. L'algorithme de A\* [23]**

Cet algorithme est proposé par Hart, Nilsson et Raphael en 1968.

##### **a) Principe**

Si on faisait une recherche en largeur comme le réalise l'algorithme de Dijkstra, on rechercherait tous les points dans un rayon circulaire fixe, augmentant graduellement ce cercle pour rechercher des intersections de plus en plus loin de notre point de départ. Ceci pourrait être une stratégie efficace si on ne savait pas où se trouve notre destination.

On peut considérer que l'algorithme de A\* est basé sur le même principe que celui de Dijkstra. Il repose en effet sur une propagation de labels et sur une sauvegarde du nœud père à chaque itération. Sa différence réside dans le fait que plutôt que d'élargir progressivement le rayon de propagation des labels à partir du nœud de départ dans toutes les directions, on explore en priorité les nœuds en direction du nœud d'arrivé. Cette notion de direction induit une notion de distance à définir.

On choisit pour présenter l'algorithme la distance euclidienne. L'idée de l'algorithme est alors d'estimer pour chaque nœud le coût qui le sépare du nœud d'arrivé afin d'éviter de traiter les nœuds désavantageux ; l'algorithme va à chaque itération construire un itinéraire en prenant le point de passage suivant en direction du point d'arrivée.

#### **b) Complexité**

Cet algorithme possède une complexité de l'ordre de  $O(\text{Log } n)$  où  $(n)$  est le nombre de nœuds du graphe étudié.

#### **c) Utilisation**

Le principal problème pour l'algorithme A\* n'est pas celui de la complexité, mais celui de la pertinence du résultat, comme les sommets fermés peuvent être ré-ouverts.

Le domaine d'application visée est celui de très grands graphes sur lesquels l'algorithme de DIJKSTRA demanderait trop de temps de calcul.

### **I.3.7.2.L'algorithme génétique [23]**

#### **a) Principe**

Les algorithmes génétiques ont été introduits dans de nombreuses situations nécessitant des systèmes de recherche à travers un très grand espace de recherche dans des laps de temps limité, par exemple dans la recherche plus courts chemins.

Par définition, les algorithmes génétiques (GA) sont une classe ou un groupe d'algorithmes de recherche stochastique qui sont basées sur l'évolution biologique. Les GA sont principalement utilisés pour des problèmes d'optimisation.

Il utilise plusieurs opérations génétiques telles que la sélection, le croisement et la mutation afin de générer une nouvelle génération de la population, ce qui représente un ensemble de solutions (chromosomes) au problème actuel.

En outre, en moyenne, cette nouvelle génération est censée être mieux en termes de leur valeur globale de remise en forme par rapport à la population précédente. A chaque individu sein de la population sera assigné une valeur de remise en forme qui est calculée et basée sur une fonction de remise en forme prédéterminée qui mesure a quel point la solution optimale résout le problème actuel.

Afin de résoudre le problème de chemin le plus court en utilisant le GA, nous avons besoin de générer un certain nombre de solutions, puis choisir le plus optimal parmi l'ensemble des solutions possibles fourni.

Afin de résoudre le problème, une population initiale -qui forme la première série de chromosomes à être utilisée dans le GA- est créé de manière aléatoire. Chaque chromosome représente une solution possible au problème actuel à portée de main.

Après cela, ils (les chromosomes) sont estimés en utilisant une certaine fonction de remise en forme, qui détermine la façon dont les solutions sont proche de l'optimale.

Compte tenu de la valeur de remise en forme de chaque solution ou d'un chromosome, certains chromosomes ou des individus seront sélectionnés (opération de sélection), et les opérations génétiques de base telle que le croisement et la



mutation sont appliquées sur ces chromosomes. Ensuite, la valeur de remise en forme de chaque chromosome est recalculée,

Et les meilleures solutions sont sélectionnées pour être prises en considération pour la prochaine génération. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que certains critères d'arrêts soient satisfaits.

#### **b) utilisation**

Les algorithmes génétiques sont utilisés pour trouver beaucoup de plus court chemin, mais pas la solution exacte.

#### **I.3.7. Comparaison entre les méthodes du plus court chemin**

Pour analyser les méthodes déjà citées, on propose un tableau comparatif qui –à travers certains critères- nous aidera à déceler quelles sont les méthodes qui seront mieux adaptées au problème posé.

On aborde ici la vitesse de convergence qui représente le temps qui correspond au nombre de rondes nécessaires à un algorithme pour converger vers un état stable. Ainsi la vitesse de convergence devient plus lente le plus d'itérations on effectue [24].

<b>Critère</b>	<b>Algorithme de Dijkstra</b>	<b>Algorithme de Bellman</b>	<b>Algorithme de Floyd</b>	<b>de Floyd Algorithme A*</b>	<b>Algorithme génétique</b>
<b>Résultat de l'algorithme</b>	1 seul chemin optimal	1 seul chemin optimal	Chemin optimal entre tout couple de sommet	1 seul chemin approché de l'optimal	1 seul chemin approché de l'optimal

<b>Vitesse de convergence</b>	Plus rapide que Bellman	Lente	Plus lente que Bellman	Plus rapide que Dijkstra	Comme Dijkstra
<b>Complexité</b>	$O(n \log n)$	$(n^2 * m)$	$O(n^3)$	$O(\log n)$	$O(n \log n)$
<b>Type du problème concerné par l'algorithme</b>	B	B	C	B	B
<b>Hypothèse sur le graphe</b>	Tous les arrêts doivent avoir un poids non négatif	Pas de circuit de poids négatif dans le graphe	Pas de circuit de poids négatif dans le graphe	Pas de circuit de poids négatif dans le graphe	Pas de circuit de poids négatif dans le graphe

**Tableau I-4 – Comparaison entre les méthodes de résolution du problème du plus court chemin [25]**

(m) c'est le nombre des arrêtes (n) c'est le nombre des sommets

### **I.3.8. Discussion : [25]**

D'un point de vue de complexité d'algorithme, toutes ces méthodes sont acceptables (en termes de temps d'exécution) pour répondre à notre problématique, sauf celle de Bellman et Floyd; en effet, en cas d'un grand graphe avec une densité intense des sommets et des arcs, trouver le plus court chemin consommera un temps d'exécution non négligeable. De même pour la vitesse de convergence, plus elle est rapide, c'est mieux.



Pour le résultat à obtenir, on a besoin des exigences du problème du décideur et les objectifs à atteindre pour éclairer les caractéristiques du plus court chemin recherché, ainsi on saura lequel parmi ces méthodes sera le mieux adapté pour résoudre le problème.

#### **I.4. Problème du voyageur de commerce**

Dans cette partie, on va aborder les différentes méthodes pouvant être appliquées pour résoudre le problème du voyageur de commerce (on l'appelle aussi : problème de la tournée minimale dans un graphe).

##### **I.4.1. Les problèmes mono-objectifs et multi-objectifs**

Dans la plupart des problèmes du monde réel, il ne s'agit pas d'optimiser seulement un seul critère mais plutôt d'optimiser simultanément selon plusieurs critères. Dans les problèmes de conception, par exemple, il faut le plus souvent trouver un compromis entre des besoins technologiques et des objectifs de coût [26].

Dans l'optimisation multi-objective (multicritère), l'évaluation de la performance est beaucoup plus complexe que dans l'optimisation uni-objective.

Les algorithmes génétiques ont été largement utilisés dans la communauté multi objective.

Ils sont très appropriés pour résoudre des problèmes multi-objectifs pour chercher plusieurs solutions proches de l'optimum dans la même exécution [26].

##### **I.4.2. Les méthodes de résolution**

Les algorithmes de résolution de ce problème peuvent être répartis en deux classes :

###### **➤ Les algorithmes exacts**

Ils permettent de trouver la solution optimale, mais leur complexité est exponentielle. Les algorithmes les plus efficaces sont “cuttingplane”, “facetfinding” et “branch and bound”. Ces méthodes ne sont pas efficaces sur des problèmes ayant plus que  $n = 25$  sommets, et elles ne sont pas utilisées à partir de  $n = 50$  sommets. Nous discuterons donc plutôt de l'efficacité des méthodes approchées . [27]

➤ **Les algorithmes d'approximation (heuristiques)**

Obtiennent de bonnes solutions mais ne donnent aucune garantie sur l'optimalité de la solution trouvée. Nous présentons quelques-uns de ces heuristiques . [27]

**I.4.2.1. Enoncé du problème**

Supposant qu'un voyageur de commerce doit visiter  $n$  villes données en passant par chaque ville exactement une fois. Il commence par une ville quelconque et termine en retournant à la ville de départ. Les distances entre les villes sont connues. Il faut trouver le chemin qui minimise la distance parcourue (ce qu'on peut appeler aussi : une tournée minimale).

La notion de distance peut-être remplacée par d'autres notions comme le temps qu'il met ou l'argent qu'on dépense : dans tous les cas, on parle de coût.

➤ **Complexité**

La difficulté de ce problème vient de l'explosion combinatoire du nombre de chemins à explorer lorsque l'on accroît le nombre de villes à visiter. Un calcul rapide de la complexité montre qu'elle est en  $O(n!)$ , où  $n$  est le nombre de ville à visiter.

**I.4.2.2. Les algorithmes génétiques (GA)**

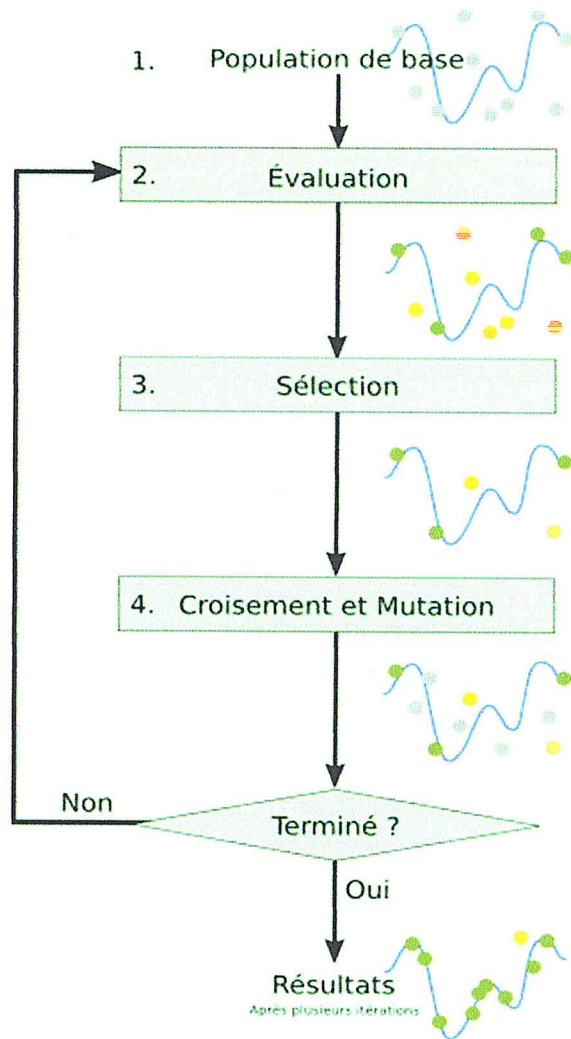
Les Algorithmes génétique (GA) sont des algorithmes stochastiques ou aléatoires d'optimisation inspirés du paradigme de l'évolution darwinienne des populations [28]

## ➤ Principe

Pour optimiser une fonction objectif donnée  $F$  (appelée aussi performance ou fitness) définie sur un espace de recherche  $E$  :

- Nous commençons par fixer les paramètres tels que, par exemple, la taille de la population, les probabilités du croisement et de la mutation. Nous choisissons aussi le type de sélection, de remplacement, les opérateurs de croisement et de mutation et le critère d'arrêt.
- Le processus de l'optimisation par un GA commence par choisir aléatoirement dans l'espace de recherche  $E$  un nombre fini d'individus qui vont constituer la population initiale.
- A l'étape de sélection, qui est (le plus souvent stochastique) et basée sur la performance, certains individus de la population initiale qui sont bien adaptés (par rapport à  $F$ ) sont choisis pour la reproduction.
- L'application des opérateurs stochastiques le croisement pour les opérateurs binaires, et la mutation pour les opérateurs unaires (agissant sur un seul individu), engendre un nouvel ensemble d'individus, appelés **enfants**.
- Ces descendants doivent être évalués à leur tour afin de pouvoir décider lesquels d'entre eux **méritent** de remplacer certains parents et de faire partie de génération suivante.
- Comme dans la nature, on espère l'émergence progressive d'individus de mieux en mieux adaptés : les meilleurs individus de la population finale (au regard de  $F$ ) devraient être proches de solutions du problème d'optimisation posé, et cela grâce aux étapes darwinistes.

Le processus peut être arrêté selon le critère d'arrêt choisit ; par exemple, un nombre maximum d'itérations ou d'évaluations, ou la stagnation de la valeur de la fitness du meilleur individu [28].



**Figure I-2– Fonctionnement de l’algorithme génétique [5]**

#### **I.4.2.3. Les colonies de fourmis (ACS) [27]**

Les algorithmes de colonies de fourmis forment une classe des heuristiques récemment proposée pour des problèmes d’optimisation difficiles. Ces algorithmes s’inspirent des comportements collectifs de dépôt et de suivi de piste observés dans les colonies de fourmis. Une colonie d’agents simples (les fourmis) communique indirectement via des modifications dynamiques de leur environnement (les pistes de phéromones) et construisent ainsi une solution à un problème en s’appuyant sur leur expérience collective.



Le premier algorithme de ce type a été conçu pour le problème du voyageur de commerce, mais n'a pas permis de produire des résultats compétitifs. Cependant, l'intérêt pour la métaphore était lancé et de nombreux algorithmes ont été proposés.

➤ **Principe [29]**

Un ensemble d'agents, appelés fourmis, recherchent en parallèle une meilleure solution en coopérant indirectement à travers les phéromones qu'ils déposent sur le graphe.

Dans ce système de colonies, les fourmis (agents) sont initialement positionnées sur  $n$  villes choisies par une règle d'initialisation (exemple : aléatoirement).

Chaque fourmi construit une tournée (i.e., une solution admissible) en choisissant les villes à visiter par la règle de transition d'état. Pendant la construction de sa tournée, la fourmi modifie également la quantité de phéromone sur l'arc visité en appliquant la règle de mise à jour locale.

Une fois que toutes les fourmis ont terminé leurs tournées, une certaine quantité de phéromones est déposée sur la plus courte tournée par la règle de mise à jour globale.

#### **I.4.2.4. Discussion**

D'après la recherche effectuée concernant les deux méthodes pour résoudre le problème du voyageur de commerce, on peut conclure que le niveau de complexité du problème à résoudre va décider si on doit utiliser la méthode des colonies de fourmis ou la méthode génétique.

## **I.5. Conclusion**

D'après l'étude faite sur les techniques d'aide à la décision, on peut conclure que la définition de la nature du problème (classification, sélection..) et ses contraintes sont nécessaires pour pouvoir choisir la méthode de résolution adéquate.

De même pour le problème de la tournée minimale et du plus court chemin, il existe une variété d'algorithmes pour trouver le meilleur chemin, mais le domaine d'application ainsi que les besoins et les exigences du problème du décideur vont déterminer la meilleure méthode à choisir afin de répondre aux mieux aux besoins de l'organisme d'accueil.

# CHAPITRE 2

## Réseau FTTH

## **II. Chapitre 2 :Réseau FTTH**

### **II.1. Introduction**

Après avoir abordé le principe de base des systèmes aide aux décisions et les différents outils (méthodes) qu'on peut utiliser pour résoudre la problématique, on passe à l'étape qui concerne notre problématique, le réseau FTTH. On présentera d'abord l'organisme d'accueil, puis dans une deuxième partie on se consacre à la définition de réseau FTTH ,l'architecture PON et ses différents standards, aussi les équipements utilisés dans ce réseau.

#### **II.1.1. Description du contexte**

L'augmentation des besoins en bande passante dans les réseaux de télécommunications pousse l'opérateur ALGERIE TELECOM à déployer de nouvelles infrastructures. Pour le réseau d'accès fixe, la fibre optique est la technologie envisagée. Du fait des enjeux financiers et de la complexité qui vont de pair avec ce déploiement, il est crucial d'optimiser son coût tout en respectant à la fois les attentes en qualité de service et les règles d'ingénierie du déploiement.

Ce problème n'est pas nouveau pour ALGERIE TELECOM il y a des années. Le remplacement de l'ancien réseau de cuivre à accès fixe par un réseau optique paraît un bon choix.

Les fibres optiques ont nombreux avantages: un taux de téléchargement (DOWNLOAD) et de téléchargement plus élevé (UPLOAD) les deux étant symétriques, une atténuation du signal par kilomètre, etc. De nombreuses technologies étaient disponibles et le choix a été fait pour déployer un type spécifique d'architecture: le PON.

Fibre To The Home FTTH semble le choix le plus approprié pour un objectif à long terme: si les clients sont entièrement servis par des fibres optiques, il sera plus facile d'augmenter la bande passante dans le futur. FTTH est une solution à l'épreuve



du futur pour fournir des services à large bande tels que la vidéo à la demande, les jeux en ligne, la télévision HD et la voix sur IP.

### II.1.1.1. Réseau FTTH

Un réseau FTTH de l'anglais : Fiber to the Home, ce qui signifie « Fibre optique jusqu'au domicile » : est un télécommunications physique qui permet notamment l'accès à internet à très haut débit et dans lequel la fibre optique se termine au domicile de l'abonné.

Plusieurs architectures sont disponibles pour le déploiement du réseau FTTH. Être mis en 2 catégories.

- l'architecture de réseau point à point (P2P) : une architecture point à point dans laquelle chaque abonné dispose d'une fibre optique bidirectionnelle qui lui est propre le reliant directement au nœud de raccordement optique de l'opérateur. Le fibrage horizontal (dans les rues) et le fibrage vertical (dans l'immeuble) impliquent, au minimum. C'est-à-dire physiquement remplacement de fils coaxiaux par des fibres optiques pour un client, qui va augmenter le cout.

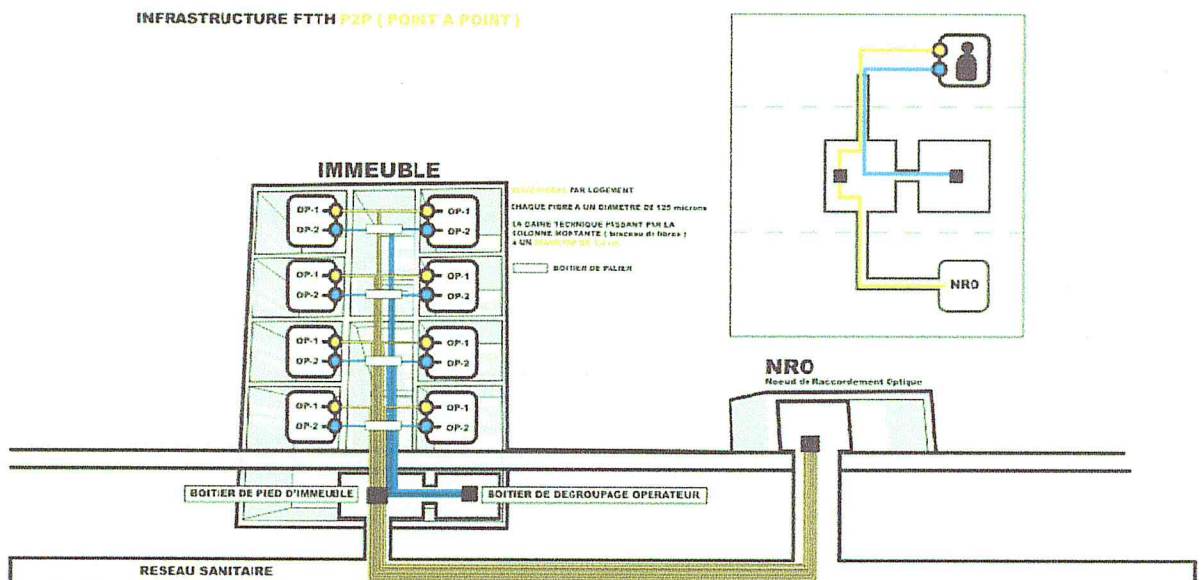


Figure II-1 Infrastructure FTTH sous architecture Point-à-point [30]

- **L'architecture de réseau point-à-multipoint (P2M) :** Réseau optique passif (PON) qui permet une fibre sortant du point d'entrée pour approvisionner plus d'un client, PON se compose principalement d'un terminal de ligne optique (OLT), plusieurs terminaux de réseau optique (FAT) ou unités de réseau optique (ONU) et réseau de distribution optique (FDT) qui connecte OLT et ONU. (Nous allons détailler tous ces équipements dans la prochaine section).

La fibre partagée peut transporter des données TDM ou des données WDM ou hybrides dirigées vers plusieurs utilisateurs.

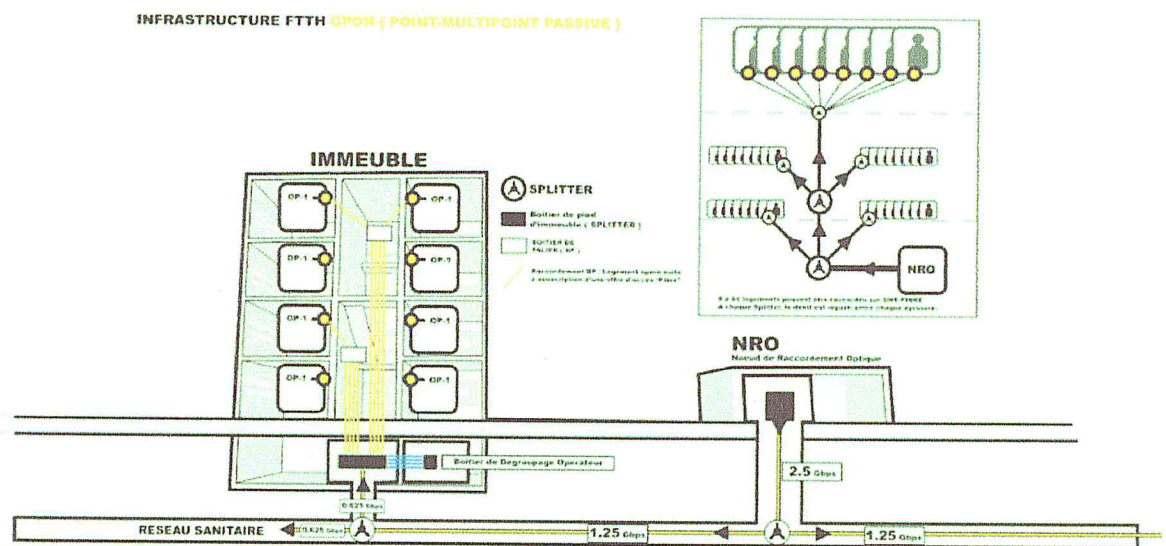


Figure II-2 Infrastructure FTTH sous architecture PON [30]

L'architecture PON fonctionne sous 3 types de standards, ces derniers utilisent le WDM bidirectionnel en une seule fibre. La différence entre les standards c'est dans la méthode d'accès

- **BPON :** Sept opérateurs de télécommunications ont lancé un accès haut débit multiservice PON pour les clients professionnels adoptés par le FSAN / ITU-T en 1995 en fusionnant le service ATM et le PON et ils l'ont appelé APON et c'était la première technologie PON pour les applications FTTx. plus tard dans 1996, ils ont changé le nom en BPON.

BPON (anciennement APON) comme son nom l'indique utilise le protocole ATM donc il est limité à 622Mb / s en aval et 155 Mb / s en amont.

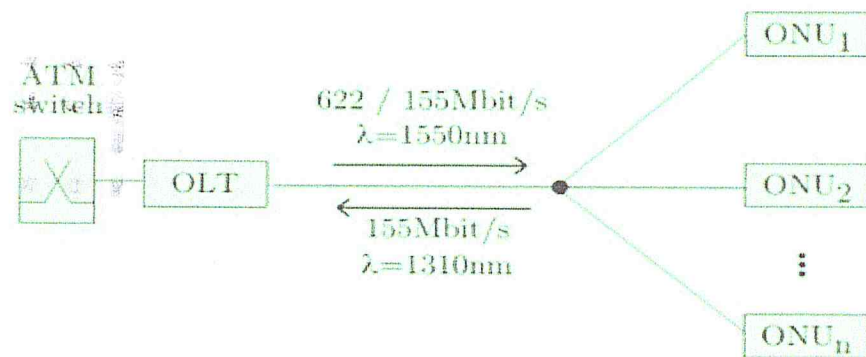


Figure II-3- Réseau APON selon ITU-T G.983

- **EPON** : Ethernet PON (EPON) fournit un réseau de données IP qui encapsule des données dans un Frame Ethernet puis le protocole Ethernet IEEE 802.3. Le Frame est la base pour EPON, mais ne peut pas être utilisé comme il est parce que IEEE 802.3 est un protocole multipoint-à-multipoint (MP2MP), il est modifié pour servir la connectivité P2MP. Le canal aval EPON utilise une diffusion réelle tandis que le canal amont utilise le découpage de temps sans collisions et sans paquet fragmentation

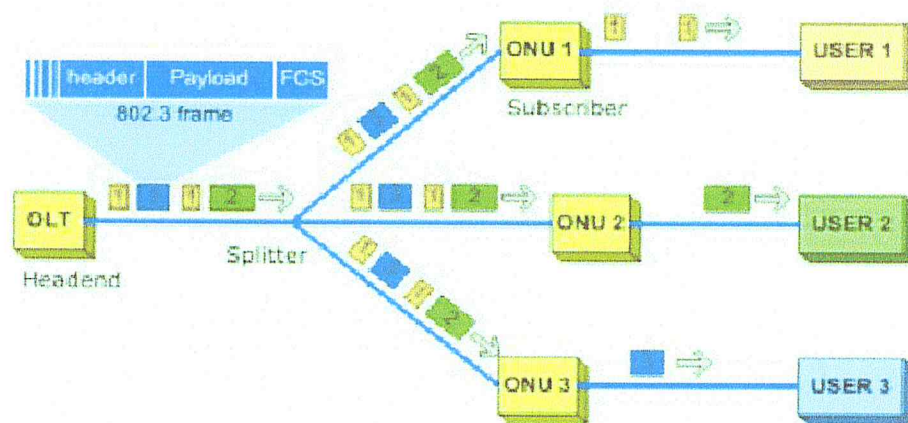


Figure II-4- EPON DOWNSTREAM [31]



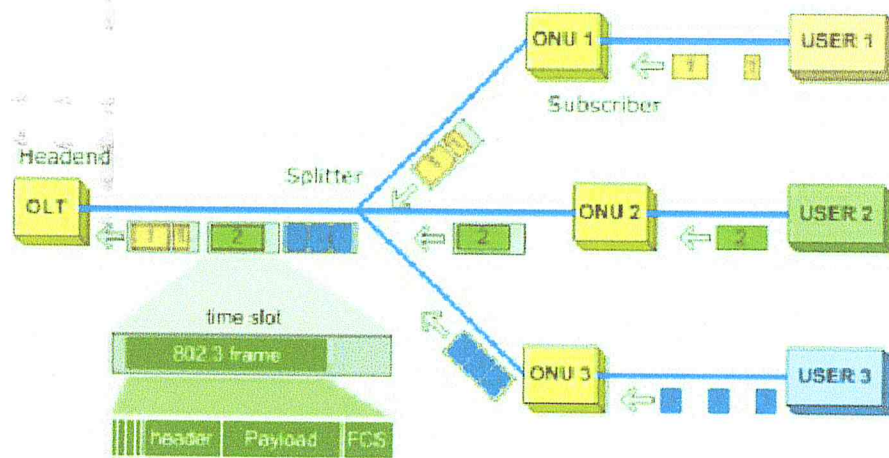


Figure II-5- EPON UPSTREAM [31]

- **GPON** : [32] Le PON Gigabit (GPON) offre des débits binaires élevés > 1 Gb / s selon le FSAN ITU.

Les GPON sont parfaitement adaptés au transport Ethernet / IP et services voix et vidéo traditionnels. L'OLT au CO combine données, voix et signaux vidéo puis diriger les signaux combinés vers les câbles de fibre à le FDT qui distribue les signaux aux utilisateurs des FAT



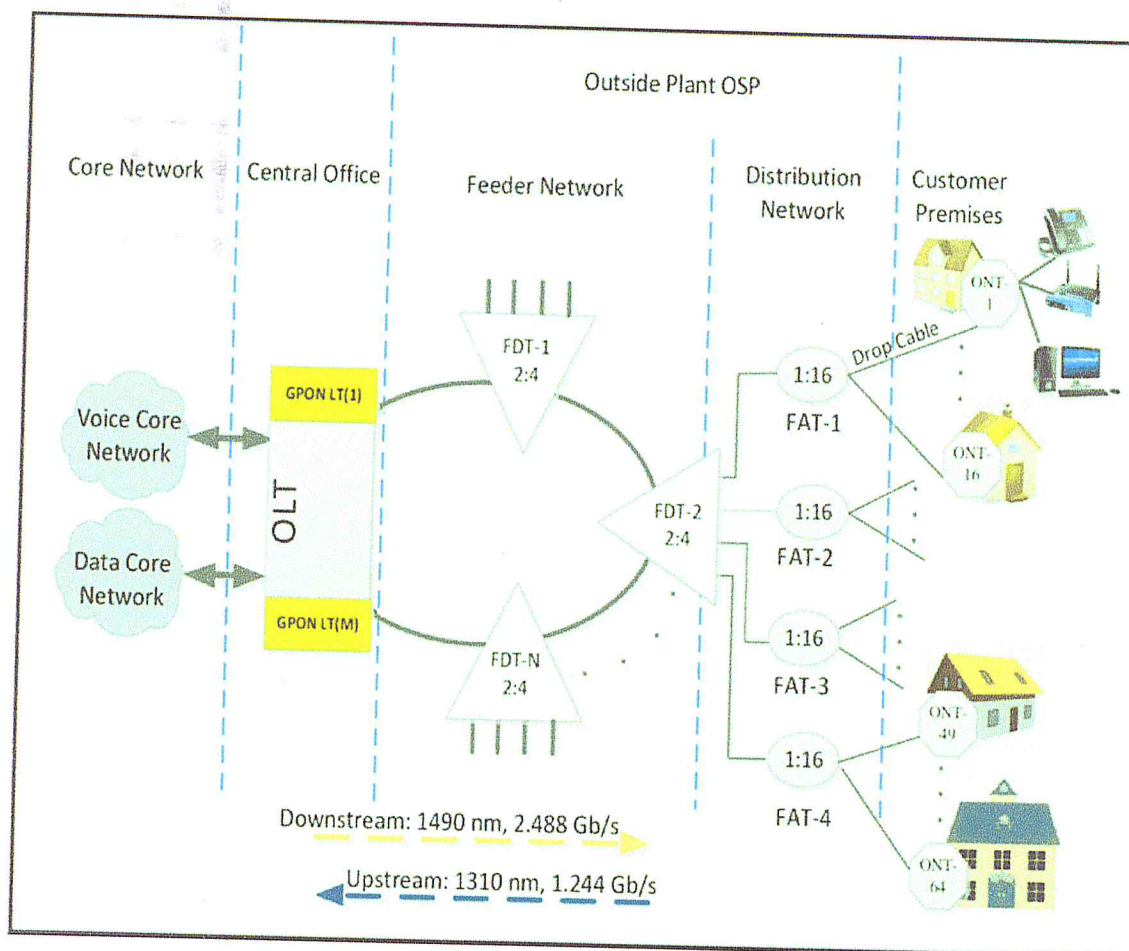


Figure II-6- Réseau GPON [30]

C'est le standard le plus utilisé, car il utilise le multiplexage par répartition dans le temps .TDM

- **WDM-PON :** Les implémentations précédentes ont une limitation de bande passante due à l'utilisation de TDMA approche et OLT et ONU doivent travailler au débit global, ce problème peut être résolu utilisant WDM dans lequel les unités ONU assignent des longueurs d'ondes individuelles bande passante WDM-PON peut être implémenté en WDM-PON statique ou dynamique longueur d'onde routée WDM-PON où le lien partagé porte tout en amont et en aval longueurs d'onde alors que le multiplexeur / démultiplexeur des paires amont et aval pour chacune des ONU.

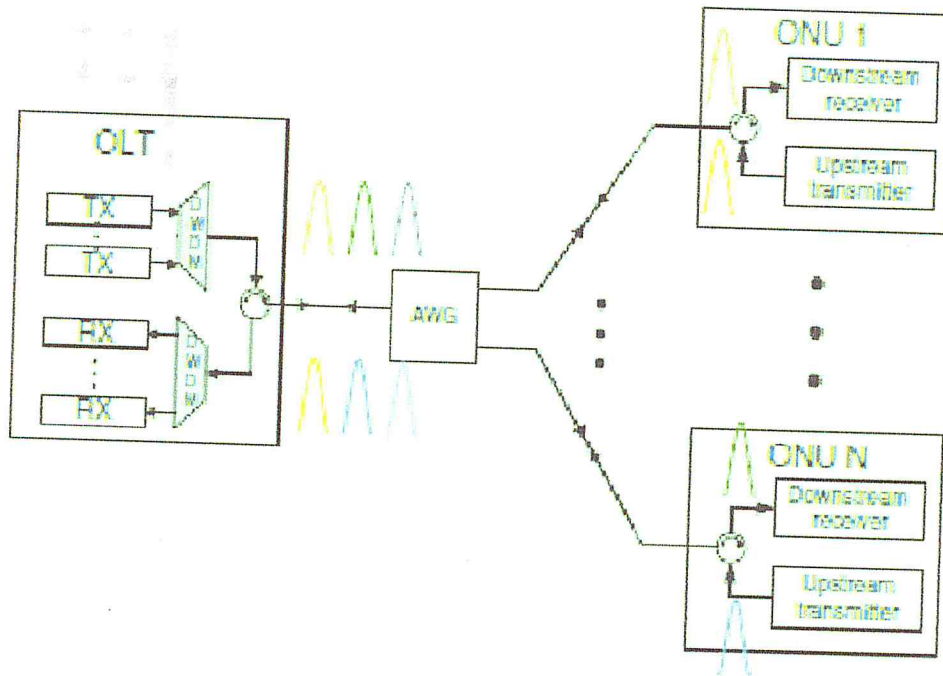


Figure II-7- Architecture WDM-PON [30]

### II.1.1.2. Equipements utilisés en FTTH

PON est un point à l'architecture multipoint, ce qui signifie qu'une fibre quittant le point d'entrée du réseau d'accès peut desservir plusieurs clients.

Ceci est fait en utilisant

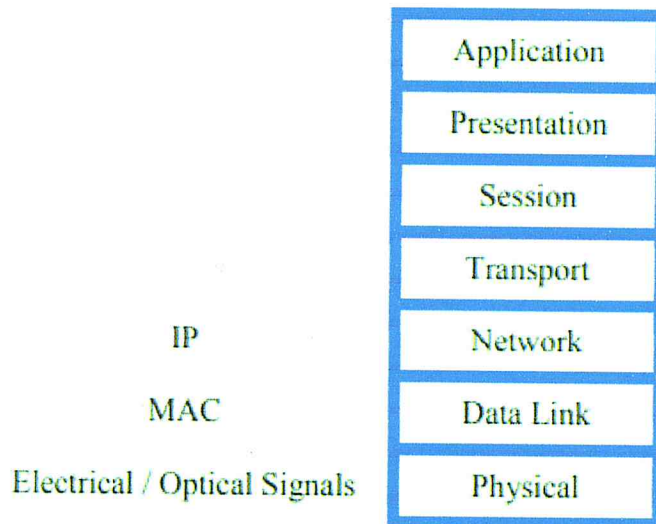
#### ➤ Terminal de ligne optique (OLT)

OLT est le périphérique côté CO interface le réseau backbone pour accéder au réseau.

OLT consiste du protocole de contrôle d'accès au support (MAC), émetteur optique et récepteur optique .

La couche MAC (voir la figure II-10) est la deuxième couche du protocole OSI modèle définit comment les données peuvent être envoyées ou reçues de l'utilisateur

et comment les longueurs d'onde ou les intervalles de temps sera attribué à différents appareils utilisateur.



**Figure II-8- Model OSI**

OLT contrôle le flux de données à travers le FDT dans deux directions avec différentes longueurs d'onde pour chaque pour éviter les interférences entre le contenu de la liaison descendante et le canal de liaison montante.

Dans la direction aval (DOWNSTREAM), le trafic voix, données et vidéo OLT utilise multiplex TDM, WDM ou les deux et lance le signal optique multiplexé sur le FDT vers les ONU utilisateurs.

Dans la direction amont (UPSTREAM), la terminaison OLT reçoit tout le trafic d'utilisateur provenant des unités ONU vers FAT à travers FDT et le dirige vers le réseau cœur

Le terminal OLT est situé dans le central du fournisseur de services Bureau. Il fournit l'interface entre PON et le réseau de cœur.

- **Rôle** : il assure la transmission du signal entre le réseau cœur et le PON, physiquement il se relie avec des diviseurs optiques.

- **caractéristiques** : il est caractérisé par une localisation géographique , une bande passante, capacité (numéros de ports) et une année de mise en service.

➤ **Fiber Distribution Terminal (FDT)**

Situé entre OLT et FAT, pour la distribution de signal à l'aide des diviseurs.

Diviseur est l'élément principal dans PON, car il est diviseur de puissance passive qui donne Passive Optical Réseau son nom. Il est connu comme séparateur mais c'est un dispositif bidirectionnel qui divise la puissance de signal optique aval de OLT à toutes les sorties de répartiteur connectées aux ONU, il combine les signaux amont entrants des FAT à une fibre connectée à OLT.

FDT est constitué de diviseurs optiques de capacité (1:4) c à d le signal entré va être divisé en 4 signaux en sortie.

- **Rôle** : il assure la transmission bidirectionnelle en divisant la puissance de signal optique aval de OLT à toutes les sorties de répartiteur connectées aux FAT, il combine les signaux amont entrants des FAT à une fibre connectée à OLT.
- **caractéristiques** : il est caractérisé par une localisation géographique , capacité et une année de mise en service.

➤ **Fiber Access Terminal (FAT):**

L'unité FAT est située près des utilisateurs finaux ONU et les offre l'interface de service. FAT est constitué de diviseurs optiques de capacité (1:8) c à d le signal entré va être divisé en 8 signaux chacun vers un abonné.

- **Rôle** : il assure la transmission de signal optique jusqu'à l'ONT (modem,CATV, ..).
- **caractéristiques** : il est caractérisé par une localisation géographique, capacité , une bande passante et une année de mise en service.



### II.1.1.3. Modèle de topologie FTTH sous architecture GPON

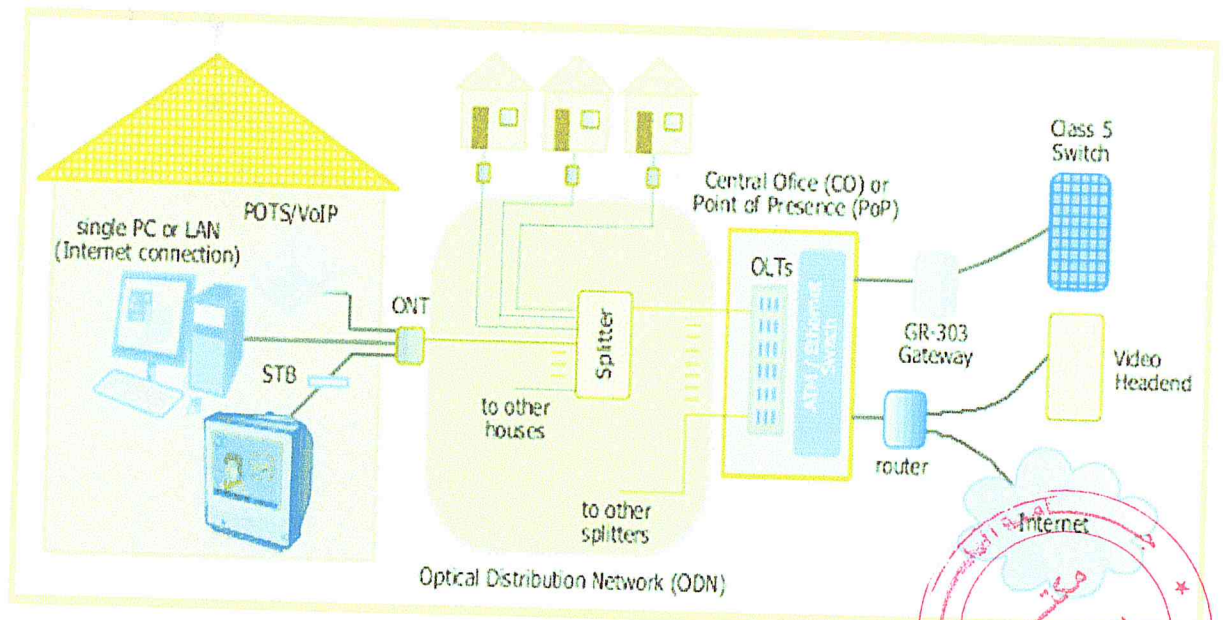


Figure II-9- FTTH sous architecture GPON [30]

### II.1.1.4. Problème du système

C'est un grand pas pour Algérie Télécom, l'entreprise de télécommunication Algérienne de progresser le lancement de la technologie FTTH, ayant le souci de garantir le bon fonctionnement du réseau dans les conditions optimales (exploitation et maintenance).

Dans la configuration du système de gestion, nous citerons ce qui suit, le OLT qui se trouve au cœur de central optique qui est installé dans la commune de Blida, à l'aide de liaison optique avec le FDT, ce dernier transmet le signal vers ses ports, la liaison peut être avec un autre FDT ou bien avec FAT pour la gestion clients dans le réseau d'accès au niveau local.

La zone d'influence d'un OLT est limitée par 20km jusqu'à FAT, car la longueur de câble utilisé ainsi que la qualité de câble utilisé influence directement l'atténuation de signal, et une liaison de données optique efficace doit disposer de suffisamment de lumière pour surmonter l'atténuation.

#### **II.1.1.5. Analyse du Problème**

D'après le organisme d'accueil C.E.L de Algérie Telecom et les recherches qu'on a fait :

- L'optimisation de cout c'est un facteur à prendre en considérations aussi.
- Le réseau actuel souffre de coupures, non pas seulement à cause de qualité des équipements, mais aussi à cause de manque de bonne topologie de réseau.
- Le décideur va tester toutes les liaisons qu'il y pense, pour gagner de temps et confirmer que c'est le bon sens d'installation de réseau.

#### **II.1.1.6. Suggestions**

Afin d'améliorer la qualité de service d'Algérie Telecom, et garantir que le réseau soit fiable mieux que le précédent, on a proposé :

- Comme si on ne peut pas contrôler l'atténuation de signal, par ce que plusieurs facteurs variables l'influence (qualité des câbles utilisés, les soudures des câbles, les équipements, longueur de câble...) donc on doit prendre en considération la distance comme un facteur de priorité haute.
- L'installation de deux OLT au maximum loin de l'autre de 15 km, pour avoir plus de zone d'influence.
- L'installation des FDT pour chaque zone contient 32 abonnés.
- Utilisation des diviseurs puissants ayant au moins la capacité de 8 outputs.

Pour cela on va utiliser une technique du calcul du plus court chemin pour les liaisons de FTTH, et une autre technique pour la tournée minimale qui couvre tous les FAT, et à la fin, on va appliquer une méthode de classement des solutions possibles pour la topologie du réseau, en tenant compte de certains critères imposés par l'organisme d'accueil .

### **II.1.1.7. Solution Informatique**

Après une analyse approfondie et suivant les critiques observées et les suggestions apportées, nous avons pu faire une réflexion sur une solution informatique. Qui consiste à créer un logiciel au sein de C.E.L afin de faciliter le travail voici les avantages :

- Mise en œuvre facile.
- Bonne cohérence des données.
- Base de données sécurisée.
- Accès rapide, uniquement avec identification.
- Proposition de la topologie basée sur des méthodes automatisées.

## **II.2. Conclusion**

L'étude et l'analyse complète de la situation existante était un passage nécessaire afin d'avoir une vue globale et détaillée de la situation actuelle. Elle nous a permis d'effectuer un diagnostic des problèmes existants, et d'en proposer une solution informatique afin de résoudre ces anomalies tout en répondant aux besoins actuels. Dans le chapitre suivant, nous allons détailler la conception de notre système d'aide à la décision pour l'optimisation de réseau FTTH.

# CHAPITRE 3

## Conception

## de système



### **III. Chapitre 3 : Conception de système**

#### **III.1. Introduction**

Dans ce Chapitre On va présenter une description logique de la façon dont le système va fonctionner. Elle consiste à façonner le Système et lui donner une forme et une architecture. Pour établir notre système, nous avons opté pour l'utilisation du langage de modélisation conceptuelle UML. Cependant, UML n'est pas une méthode donc il faut le compléter par un processus de développement et pour cela on a choisi le processus de développement en Cascade

Par contre, UML n'est pas une méthode, donc lui seul n'est pas suffisant pour concevoir une application, il nous faut le compléter par un processus de développement pour cela on a opté pour le modèle en cascade.

#### **III.2. Démarche utilisée**

Tout système d'information doit être en mesure de s'adapter à la difficulté de son environnement. Pour le concevoir il faut s'orienter vers une approche systématique.

Parmi plusieurs méthodes de conceptions présentées dans l'approche nous avons choisi d'appliquer la méthode (CASCADE)

##### **II.2.2.Présentation de la méthode (cascade) :**

Le modèle de cycle de vie en cascade a été mis au point dès 1966, puis formalisé aux alentours de 1970

**Dans ce modèle, le principe est très simple :**

Chaque phase se termine à une date précise par la production de certains Documents ou logiciels. Les résultats sont définis sur la base des Interactions entre étapes, ils sont soumis à une revue approfondie et on ne passe à la phase suivante que s'ils sont jugés satisfaisants

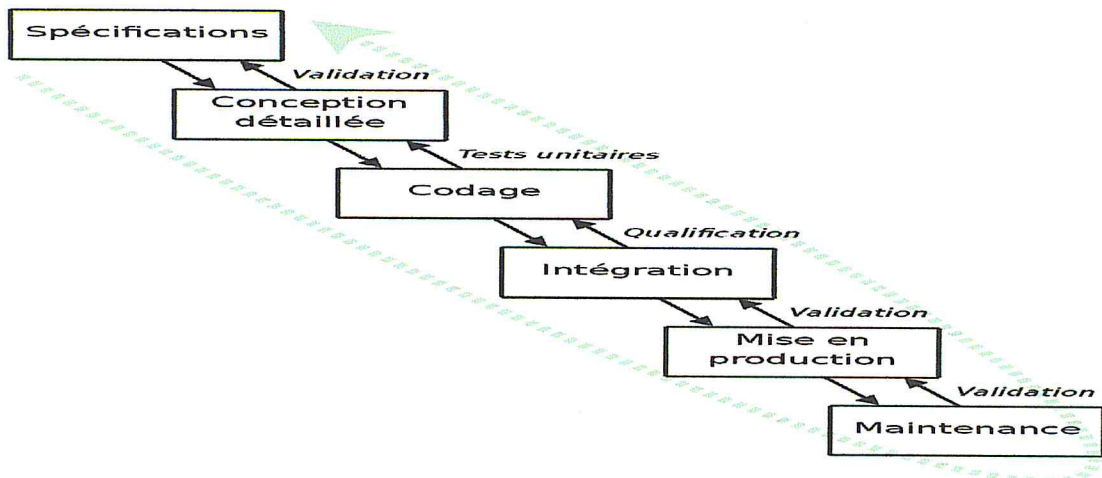


Figure III-1 modèle de cycle de vie en cascade

Il s'agit de l'élaboration des spécifications de l'architecture générale de logiciel.

1. **Conception détaillée:**

Cette étape à définir précisément chaque sous-ensemble du logiciel.

2. **Codage:**

C'est la traduction dans un langage de programmation des fonctionnalités définies lors de phase de conception.

3. **Intégration:**

L'objectif est de s'assurer de l'interfaçage des différents éléments (modules) du logiciel. Elle fait l'objet de tests d'intégration consignés dans un document.

4. **Mise en production:**

C'est le déploiement sur site du logiciel (exploitation).

5. **Maintenance:**

Elle comprend toutes les actions correctives (maintenance corrective) et évolutives (maintenance évolutive) sur le logiciel.

Le modèle original ne comportait pas de possibilité de retour en arrière. Celle-ci a été rajoutée ultérieurement sur la base qu'une étape ne remet en cause que l'étape précédente, ce qui, dans la pratique, s'avère insuffisant.

On a utilisé le langage UML pour la modélisation de notre système

### III.3. Analyse des besoins

#### III.3.1. Identification des acteurs et de cas d'utilisation

➤ **Acteur** : est une entité interne qui agit sur le système (opération, composant, interne) et dans notre cas on a deux acteurs :

Chef de centre: Consulte le statut de tous les agents et missions et gère les ordres de missions

Secrétaire : Consulte le registre de départ et les missions, établir des fiches d'état décompte et les tableaux mensuels

➤ **Cas d'utilisations** : C'est l'ensemble d'actions réalisé par le système.

- Dans notre système de cas de Gestion des ordres de missions on a les cas suivant :

##### 1- Agent de saisie :

- Authentification
- Gestion des équipements
  - ✓ Ajouter équipement
  - ✓ Modifier informations d'un équipement
  - ✓ Supprimer un équipement
- Consulter liste des équipements
- Gestion des câbles
  - ✓ Ajouter un câble
  - ✓ Modifier informations d'un câble
  - ✓ Supprimer un câble
- Consulter liste des câbles
- Gestion des liaisons
  - ✓ Ajouter une liaison
  - ✓ Modifier informations d'une liaison
  - ✓ Supprimer une liaison
- Consulter liste des liaisons
- Ajouter un équipement sur ma.

## 2- Chef de centre(Décideur)

- Authentification
- Consulter liste des OLT.
- Rechercher Les topologies possibles pour un FAT recherché.
- Consulter les localisations des équipements sur map

## 3- Administrateur

- Authentification
- Gestion des utilisateurs
  - ✓ Ajouter un utilisateur
  - ✓ Modifier informations d'un utilisateur
  - ✓ Supprimer un utilisateur
- Consulter liste des utilisateurs
- Consulter les équipements sur map

### III.3.2. Diagrammes de cas d'utilisation du système d'information

Pour la capture des besoins on a recensé ces différents cas d'utilisations:

#### III.3.2.1. Diagramme de cas d'utilisation «globale»

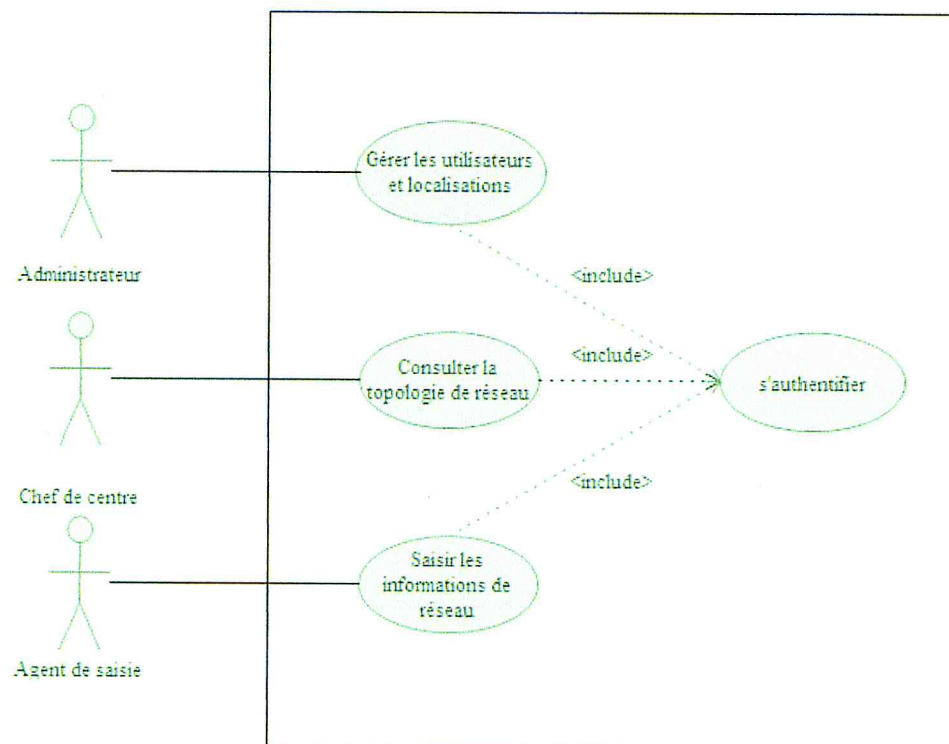


Figure III-2 – Diagramme de cas d'utilisation « globale »



Maintenant nous allons détailler ce diagramme général en détaillant les cas d'utilisations générales de notre système, commençant par le 1er cas d'utilisation qui est la gestion des utilisateurs et localisations.

**III.3.2.2. Diagramme de cas d'utilisation «Gérer les utilisateurs et localisations»**

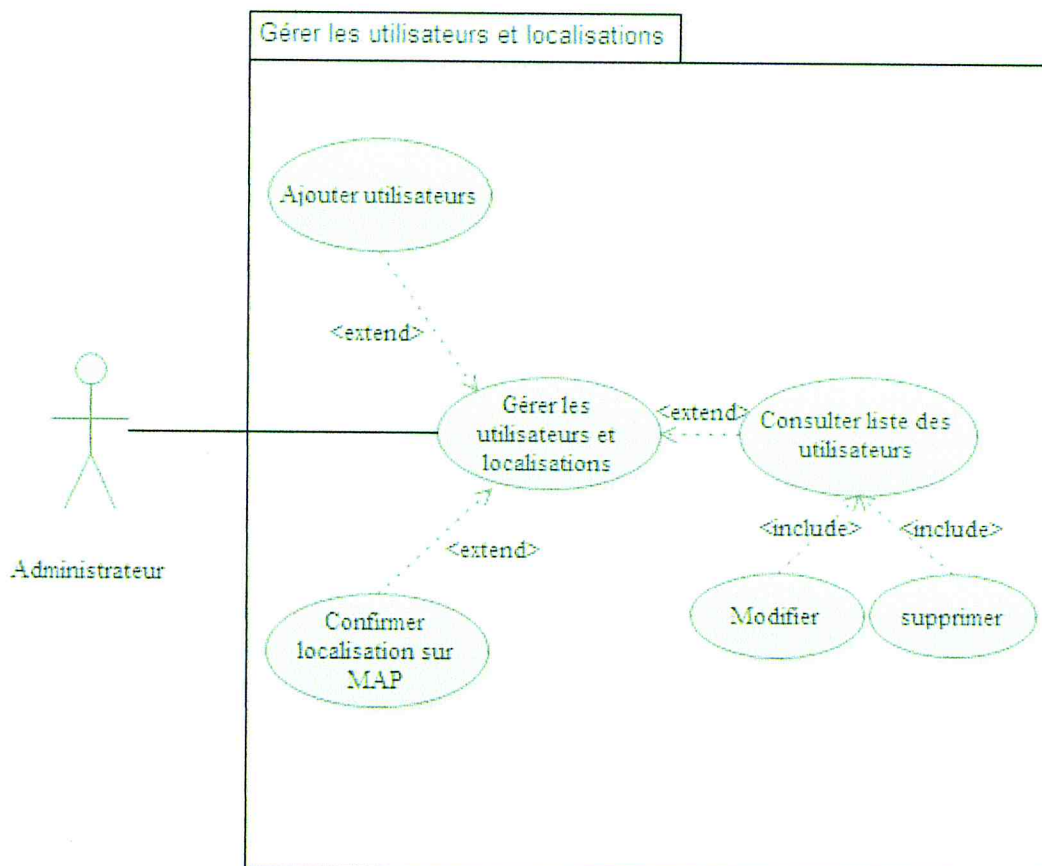


Figure III-3- Diagramme de cas d'utilisation «Gérer les utilisateurs et localisations»

III.3.2.3. Diagramme de cas d'utilisation « Saisir les informations de réseau »

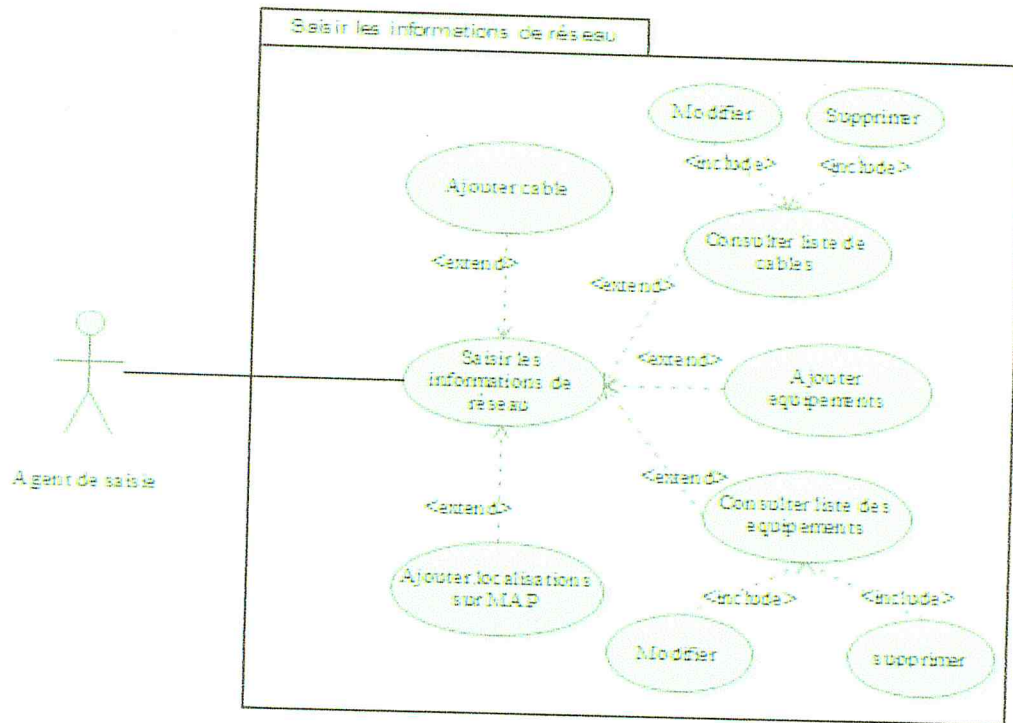
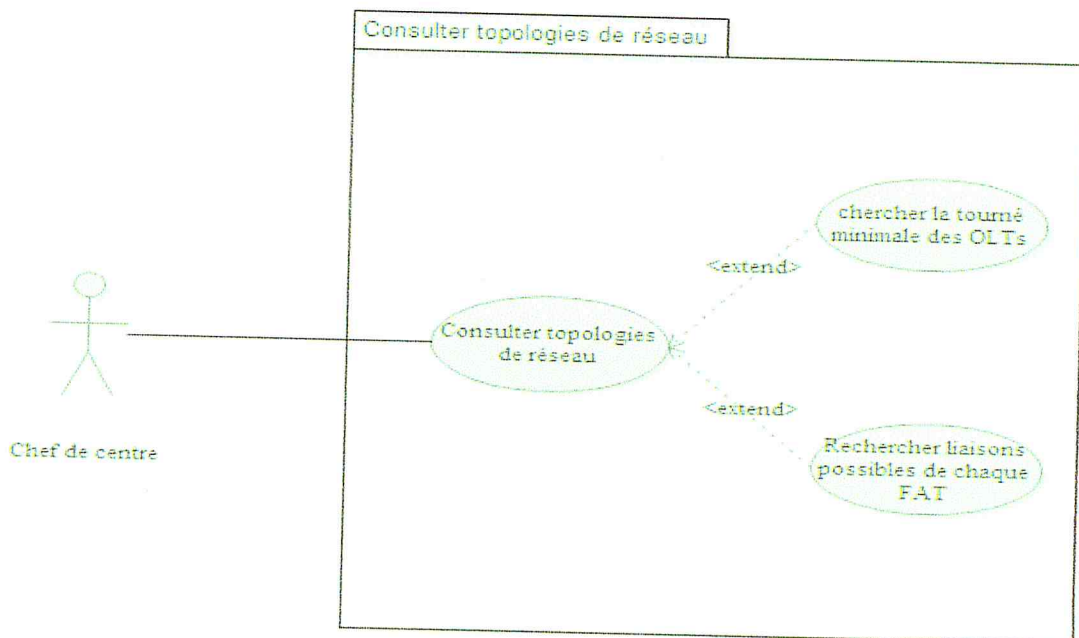


Figure III-4- Diagramme de cas d'utilisation «Saisir les informations de réseau»

III.3.2.4. Diagramme de cas d'utilisation « Consulter la topologie du réseau »



### III.3.2.4. Diagramme de cas d'utilisation « Consulter la topologie du réseau »

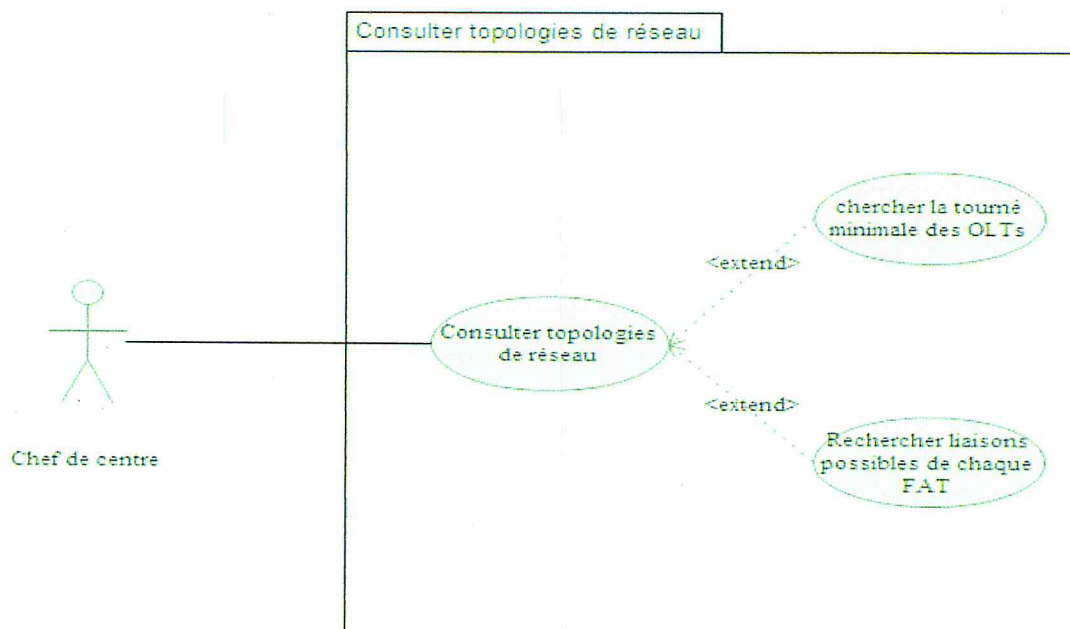


Figure III-5 Diagramme de cas d'utilisation « Consulter la topologie du réseau»

### III.4. Diagrammes des séquences:

Le diagramme de séquence facilite la description et l'explication des éléments du système interfèrent entre eux et avec les acteurs pour accomplir une tâche du système. Ces diagrammes nous présentent les interactions de façon chronologique

### III.4.1. Diagramme de séquence « Ajouter utilisateur »

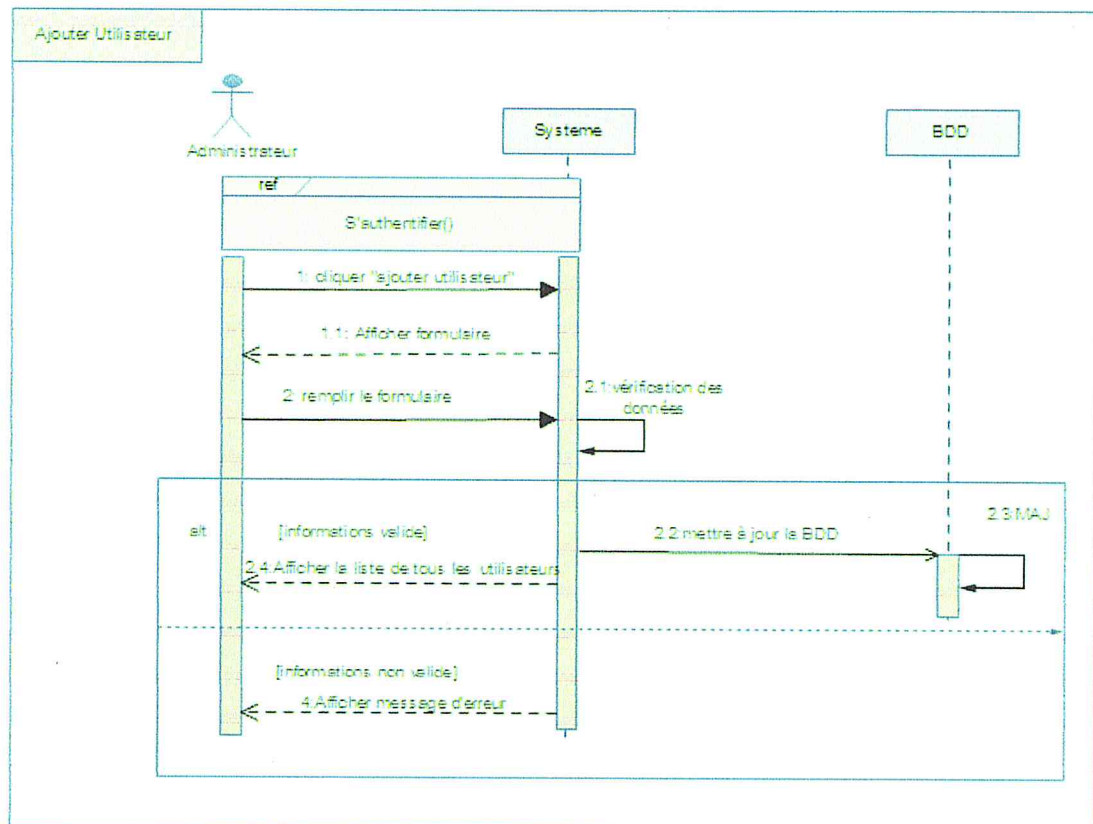


Figure III-6 : diagramme de séquence « ajouter utilisateur »



### III.4.2. Diagramme de séquence « Ajouter un équipement »

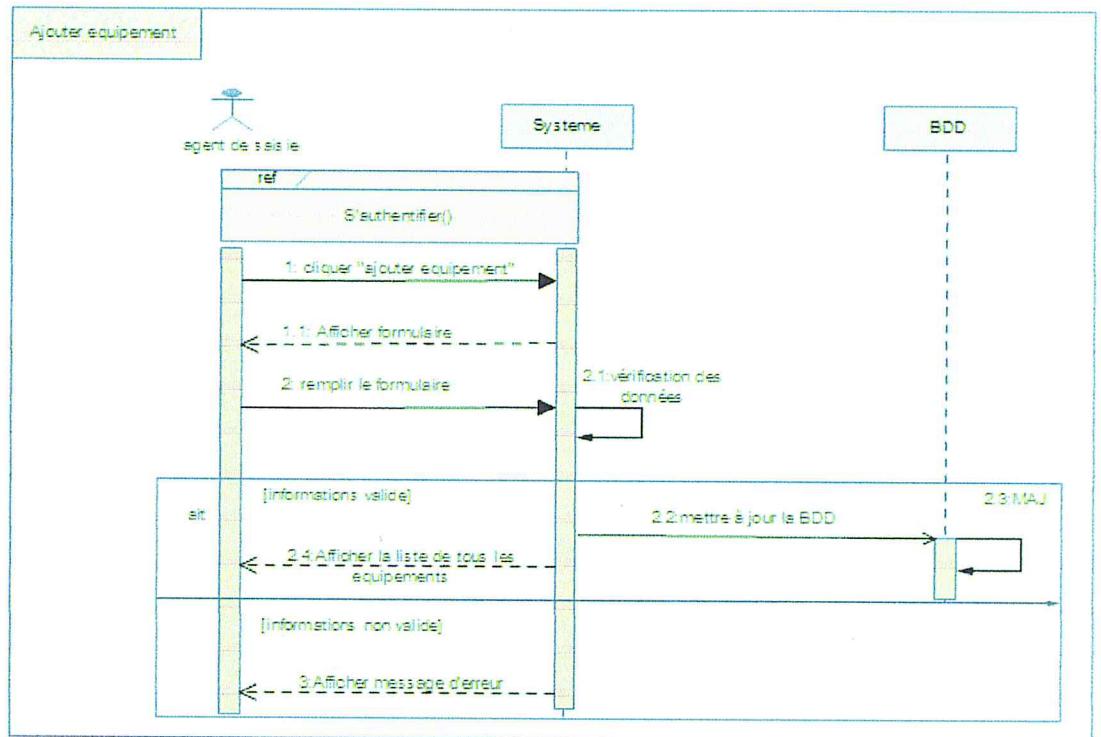


Figure III-7 : diagramme de séquence « Ajouter équipement »

### III.4.3. Diagramme de séquence « Modifier informations d'un équipement »

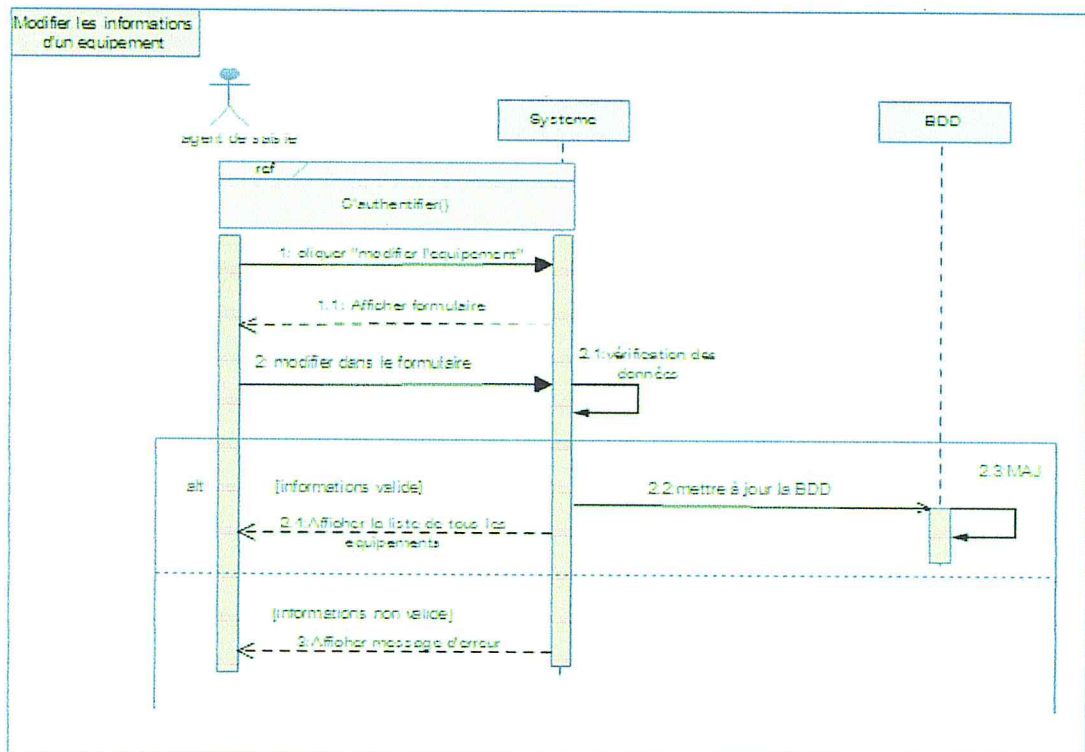


Figure III-8 : diagramme de séquence « Modifier informations d'un équipement »

### III.4.4. Diagramme de séquence « supprimer un équipement »

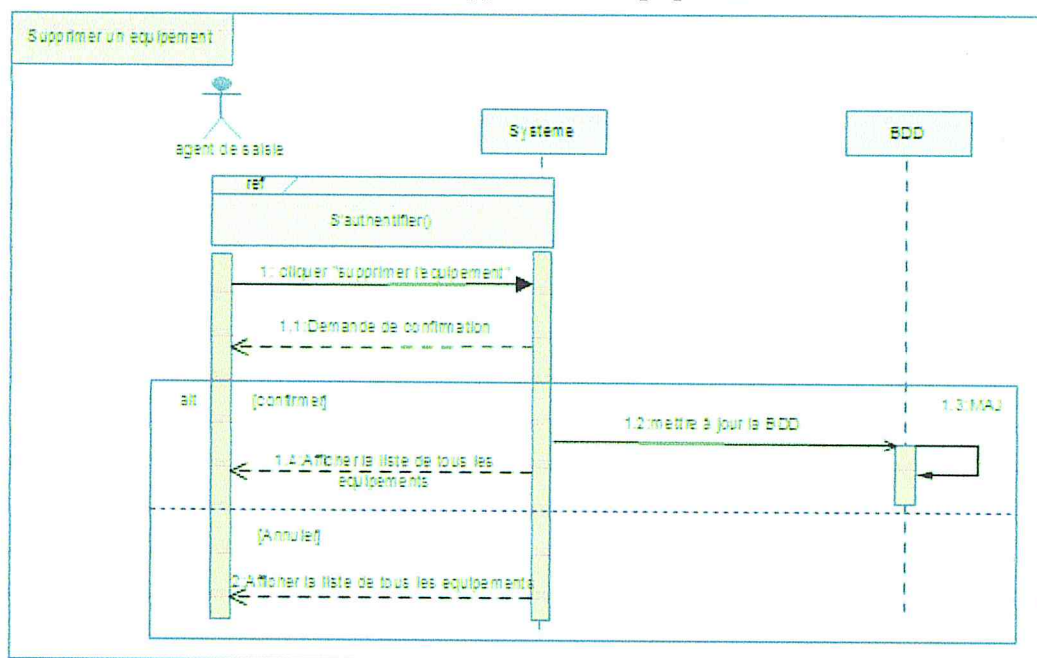


Figure III-9 : diagramme de séquence « Supprimer un équipement »

### III.4.5. Diagramme de séquence « Ajouter une localisation sur map »

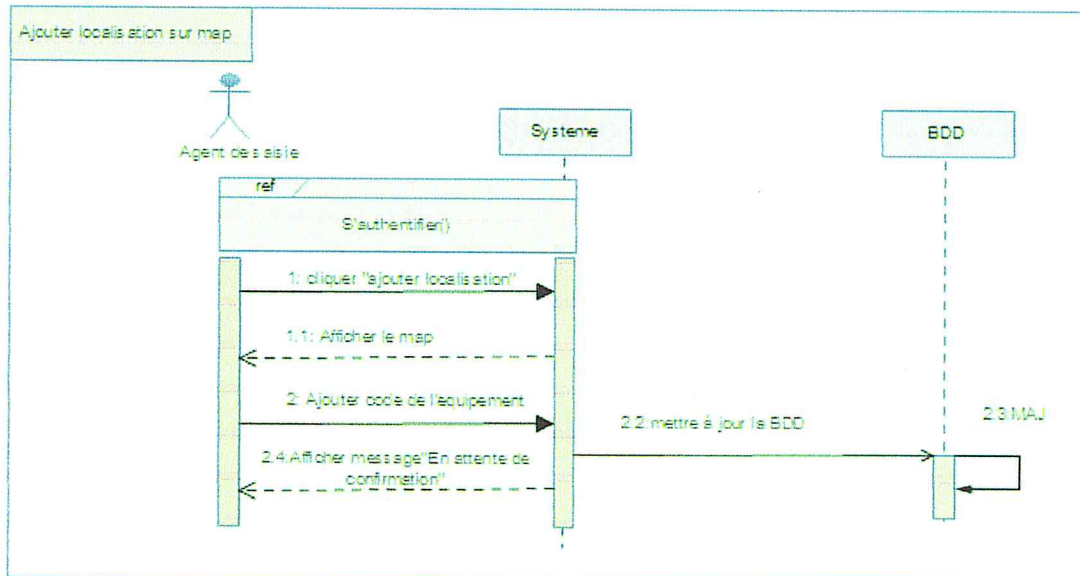


Figure III-10 : diagramme de séquence « Ajouter localisation d'un équipement sur map »

### III.4.6. Diagramme de séquence « Confirmer localisation d'un équipement »

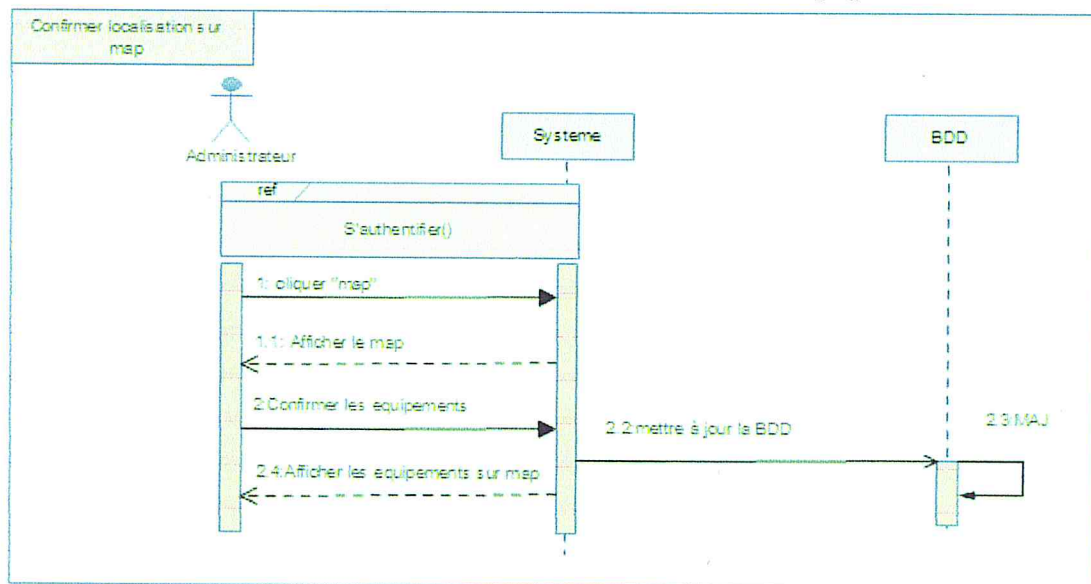


Figure III-11 : diagramme de séquence « Confirmer localisation d'un équipement sur map »

### III.4.7. Diagramme de séquence « Rechercher les meilleures chemins entre OLT et FDT »

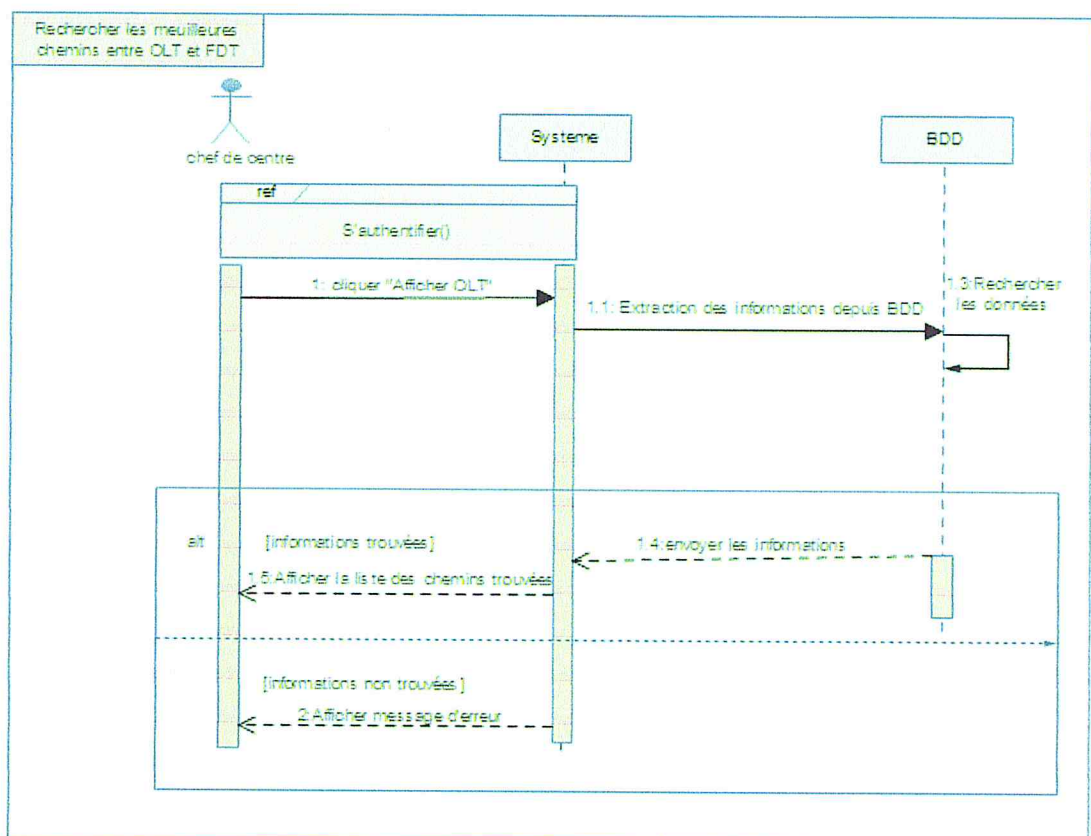


Figure III-12 : diagramme de séquence « rechercher les meilleures chemins entre OLT et FDT »

### III.4.8. Diagramme de séquence « Rechercher les topologies possibles pour un FAT »

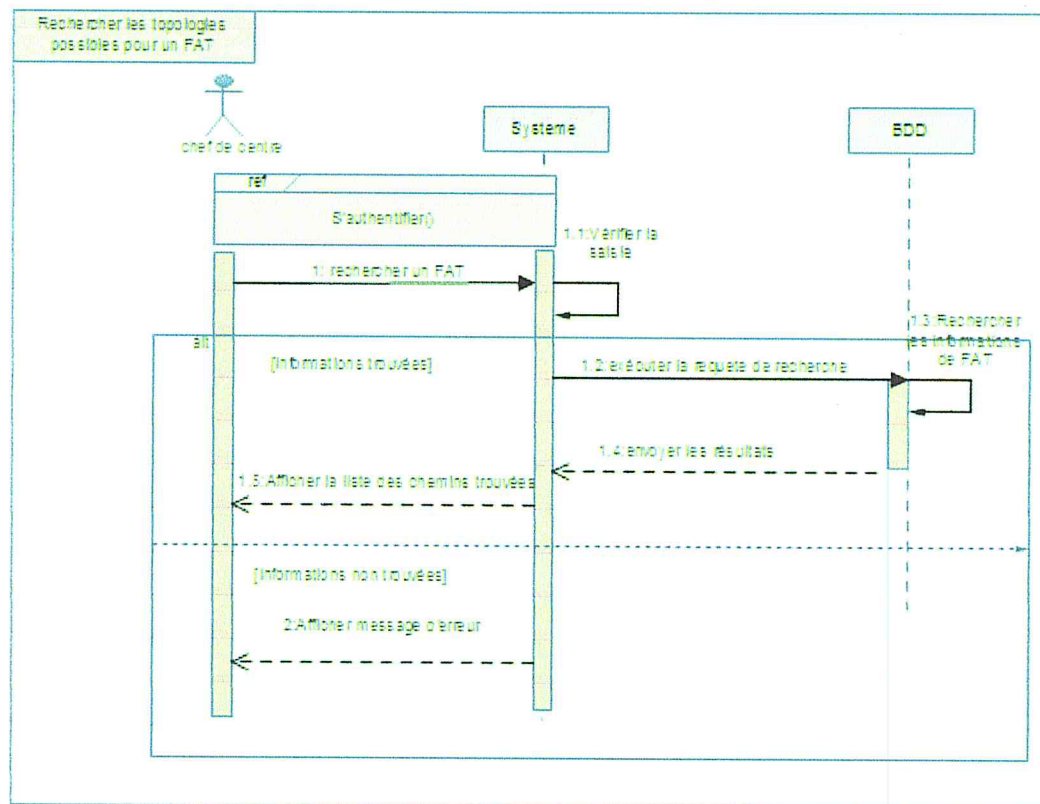


Figure III-13 : diagramme de séquence « Rechercher les topologies possibles pour un FAT »



### III.5. Diagramme de classes :

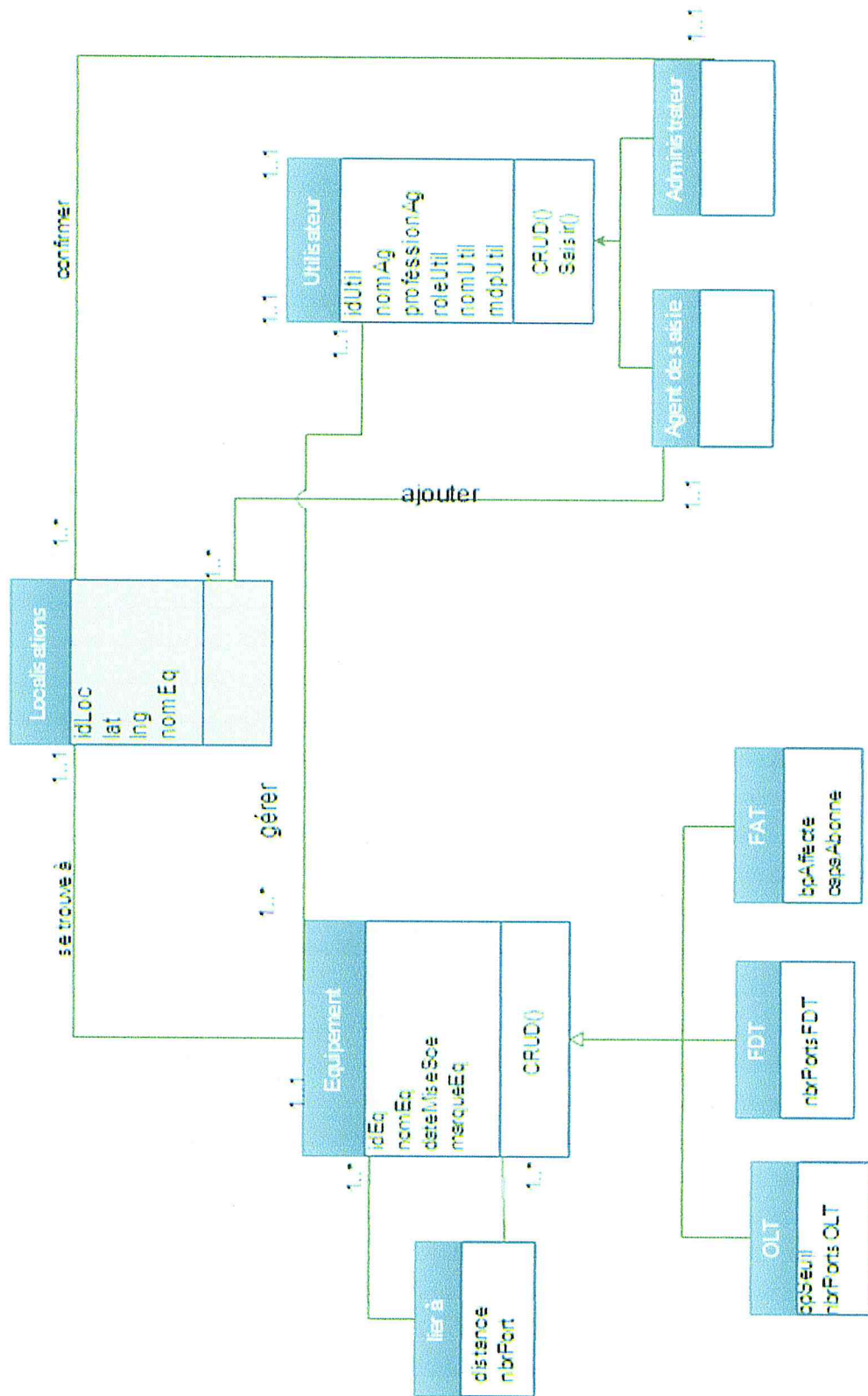


Figure III-14 diagramme de classe

### III.6. Processus du système :

Dans la conception du système qu'on propose pour résoudre la problématique, on a fait appel à des tâches qui sont invisibles par l'utilisateur, ces tâches qu'on appellera « processus » devront être modélisées dans cette partie, pour cela, on va décrire chaque processus du système selon le plan suivant :

Chaque description sera divisée en 3 parties :

1. Description de ce que le processus requise comme ressource (informations).
2. Description des opérations que le processus effectue durant son exécution, avec les méthodes utilisées dans le processus.
3. Description des résultats (informations) obtenus après l'exécution du processus.

➤ **Processus 1 : La tournée optimale entre les OLTs (concerne le problème de la tournée minimale).**

**Objectif :** on rappelle qu'ici on a comme but : la recherche des tournées optimales (formant une tournée qui couvre les OLTs), tout en tenant compte les critères de choix à vérifier et à utiliser pour évaluer chaque chemin.

**a) Ressources requises :**

Ce processus nécessite d'avoir la liste des liaisons possibles entre les OLTs avec la distance de chaque liaison, et pour pouvoir évaluer les chemins possibles : il faut avoir la liste des liaisons existantes et fonctionnelles entre la liste des équipements disponibles (OLT et FDT) pour calculer les dépenses (en mètre) de la création de nouvelles liaisons qui n'existent pas encore dans un chemin.

**b) Opérations du processus :**

Pour la recherche des meilleurs chemins, ce processus utilise la **méthode génétique** qui résout le problème du **voyageur de commerce** en appliquant cette méthode plusieurs fois on obtient de nouveaux résultats, chaque résultat sera évalué selon les critères du système à la fin d'exécution du processus. On va

éclairer dans ce qui suit la méthode choisie pour ce processus et son application sur notre problème.

- **Méthode choisie pour le problème de la tournée minimale : la méthode génétique**

Les algorithmes génétiques fournissent des solutions proches de la solution optimale, les méthodes exactes sont inutilisables, sauf si le nombre de sommets est très petit, ce qui n'est pas le cas dans notre problème. On a opté pour l'algorithme génétique car il permet d'obtenir plusieurs solutions de bonne qualité.

- **Adaptation de l'algorithme au problème :**

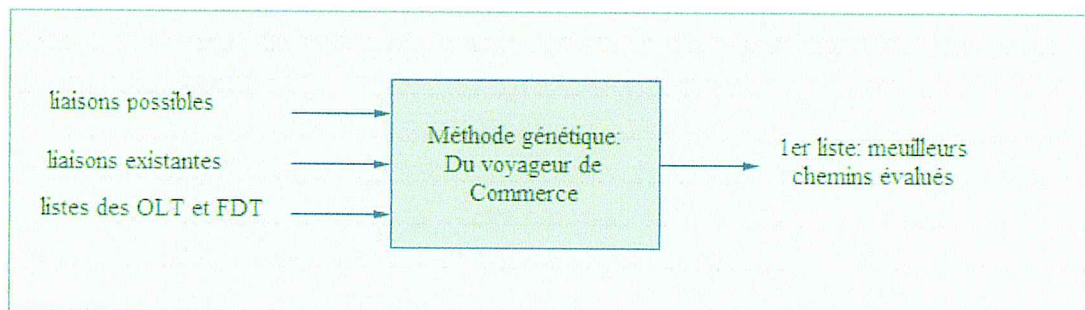
On fait ici la correspondance entre la terminologie de l'algorithme et les concepts utilisés dans la problématique

- Un individu => correspond à un trajet (une tournée)
- Son évaluation => correspond à la longueur totale de ce trajet
- Un gène => correspond à un équipement (OLT ou FDT) ou l'on passe à une certaine position du trajet
- ADN => correspond à la liste des équipements dans l'ordre de parcours

**c) Résultats obtenus :**

A la fin de l'exécution de ce processus, on obtient une liste des tournées optimales des OLTs (les meilleurs chemins), et chaque chemin aura une évaluation numérique vis-à-vis chaque critère de choix.

**d) Schéma descriptif**



**Figure III-15 : schéma descriptif du processus meilleurs chemin entre les OLTs**



➤ **Processus 2 : Les meilleures liaisons entre les OLT et les FAT.**

**Objectif :** le but ici c'est de chercher les deux meilleurs chemins d'un FAT vers les OLT (en tenant compte aussi des critères de choix et l'évaluation de chaque chemin.

**a) Ressources requises :**

Il est nécessaire d'avoir la liste des liaisons possibles entre tous les équipements avec la distance de chaque liaison .ainsi que la liste des liaisons existantes et la listes des équipements disponibles (de même, pour pouvoir évaluer chaque chemin). Et à la fin : le FAT qu'on souhaite lui chercher les meilleurs chemins.

**b) Opérations du processus :**

On utilise la méthode de Dijkstra Moore pour trouver le plus court chemin d'un FAT vers les autres OLT, chaque chemin sera filtrés et évalué selon les critères du Choix du système. On va éclairer dans ce qui suit la méthode choisi pour ce processus et son application sur notre problème.

▪ **Méthode choisie pour le problème du plus court chemin : la méthode de Dijkstra**

Parmi les techniques évoquées en chapitre 1, celle de Dijkstra s'avère la plus commode pour résoudre le problème du plus court chemin dans le réseau de Algérie Télécom, car le graphe représentant la topologie du réseau ne possède aucun arc de poids négatif, l'algorithme de Dijkstra est plus rapide que les autres algorithmes, et le type de problème associé a lui ainsi que le résultat qu'il fournit correspondent aux besoins du système :

- **Résultat souhaité :** chemin optimal
- **Type du problème concerné :** Étant donné un sommet de départ s, trouver un plus court chemin de s vers un autre sommet t.



Donc en considérant le FAT comme étant le sommet de départ, on peut trouver le plus court chemin de ce FAT vers tous les OLT par l'exécution de l'algorithme de Dijkstra plusieurs fois (pour chaque OLT).

- **Adaptation de l'algorithme au problème :**

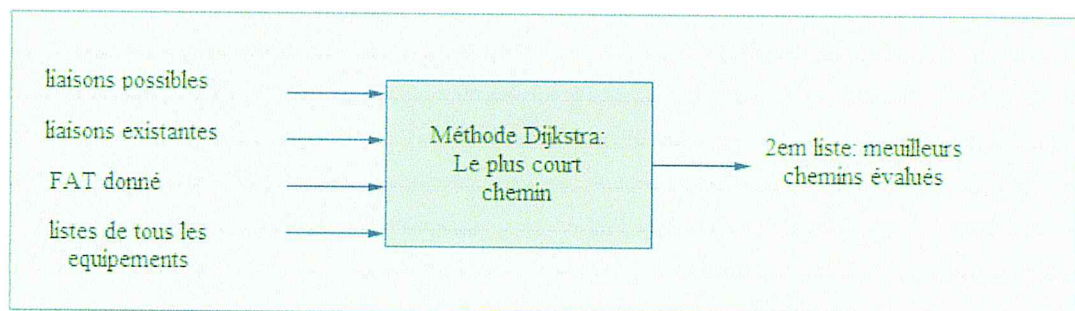
On fait ici la correspondance entre la terminologie de l'algorithme et les concepts utilisés dans la problématique :

- Sommet => correspond à un équipement (OLT ou FDT).
- Arc => correspond à une liaison.
- Plus court chemin => correspond au chemin le plus court d'un FAT vers un OLT.
- Étiquette d'un sommet par rapport à un point de départ => correspond à la distance parcourue à partir du FAT concerné (qui correspond au point de départ) vers le OLT ayant cette étiquette.

**c) Résultats obtenus :**

On aura la liste des meilleurs chemins entre le FAT donné par le décideur et les FAT, et chaque chemin sera accompagné d'une évaluation numérique selon chaque critère.

**d) Schéma récapitulatif :**



**Figure III-16 : Schéma descriptif du processus meilleurs chemins entre FAT et les OLTs**

### **Processus 3 : Proposition des meilleures décisions (aide à la décision).**

**Objectif :** Après avoir eu la liste des solutions possibles (**les meilleurs chemins**), ici on va utiliser la méthode **d'aide à la décision** pour aider le décideur à faire son choix.

#### **a) Ressources requises :**

Ce processus a besoin de la liste de comparaison pair à pair des critères (degrés ou coefficient d'importance entre tout couple de critère) et la liste des meilleurs chemins trouvés (les deux processus 1 et 2).

#### **b) Opérations du processus :**

Ce processus utilise la méthode AHP pour fournir la comparaison pair à pair entre tout couple de chemin (cela : séparément entre les chemins du processus 1 et 2). Après, chaque chemin sera évalué selon les critères de choix qu'on va expliquer (avec la méthode choisie) dans ce qui suit.

#### **b.1. Méthode choisie pour le problème d'aide à la décision « la méthode du AHP »**

La méthode AHP est simple à utiliser, elle permet de prendre en compte à la fois des critères quantitatifs et qualitatifs, et elle permet la priorisation des solutions, ainsi que le choix de la meilleure solution d'après les résultats obtenus, on a décidé de prendre cette méthode pour la partie d'aide à la décision, car le problème de l'organisme d'accueil nous ramène à beaucoup d'alternatives (chemins possibles pour le réseau) et peu de critères, et même ces critères peuvent des fois être conflictuels.

#### **b.2. Critères de comparaisons entre les solutions alternatives :**

- **La distance :** quand on a plusieurs chemins possibles d'un équipement de départ vers les autres équipements (problème du plus court chemin pour les FAT) par exemple, on souhaite prioriser le chemin qui a la plus petite

distance, l'importance de ce critère se matérialise dans le fait qu'un chemin court aura des couts de réalisation et de maintenance (couts en argent) minimales par rapport à un chemin plus long.

- **Les dépenses** : pour un équipement quelconque, par exemple un FAT, entre réaliser une nouvelle liaison depuis ce FAT vers un OLT qui est censé être le plus proche, et entre l'utilisation d'une liaison déjà existante pour lier ce FAT à un OLT différent (qui n'est pas le plus proche de ce FAT mais pas trop loin non plus).

Le facteur qui décide la meilleure décision dans des situations pareilles est le cout en argent d'établissement des nouvelles liaisons par rapport aux autres solutions ou on utilise des chemins déjà existants. On va représenter ce cout par la distance (en mètre) du chemin qu'il faut ajouter au réseau pour établir la nouvelle liaison.

- **Le cambrement** : on préfère toujours avoir des ports libres dans les équipements (surtout dans les OLTs et les FDT) pour des raisons de maintenance, donc parmi les chemins proposés, ceux qui dépassent la capacité maximale des ports des équipements seront rejetées (par exemple : dans un chemin ou on trouve un équipement avec nombre maximal de port = 3, alors qu'on a besoins de 4 ports ou plus pour établir ce chemin). De même pour les chemins proposés qui consomment exactement la totalité des ports d'un équipement, ces chemins seront moins recommandés par rapport aux autres chemins puisqu'il n'y aura plus des ports libres dans les équipements concernés.

### **b.3.Degré d'importance (poids) d'un critère :**

Pour appliquer la méthode AHP, on aura besoin d'une matrice de comparaison deux à deux des critères cités dessus. Cette comparaison est essentielle non seulement pour concrétiser l'influence qu'un critère peut avoir sur l'avis du décideur



dans les alternatives proposées, mais aussi pour évaluer les chemins possibles du réseau en tenant compte -à la fois- tous les critères.

Dans tout ce qui suit, on considère que la colonne « priorité » représente le poids d'une ligne par rapport aux autres lignes :

Critère	Distance	Dépense	Cambrement	priorité
Distance	1	8	1	0,571
Dépense	0,125	1	1	0,143
Cambrement	1	1	1	0,286
somme	2,125	10	3	1

Tableau III-1 : comparaison entre deux critères deux à deux

On a essayé d'attribuer un poids pour chaque critère, ce poids sera utilisé dans l'évaluation de topologies trouvées.

#### c) Résultats obtenus :

On aura la liste des chemins à prendre pour chaque processus (1 et 2) chaque chemin peut avoir une note globale qui tient en compte tous les critères de choix, selon cette note les chemins seront triés. Le décideur pourra ensuite utiliser ces résultats pour prendre des décisions d'amélioration du réseau.

#### d) Schéma récapitulatif :

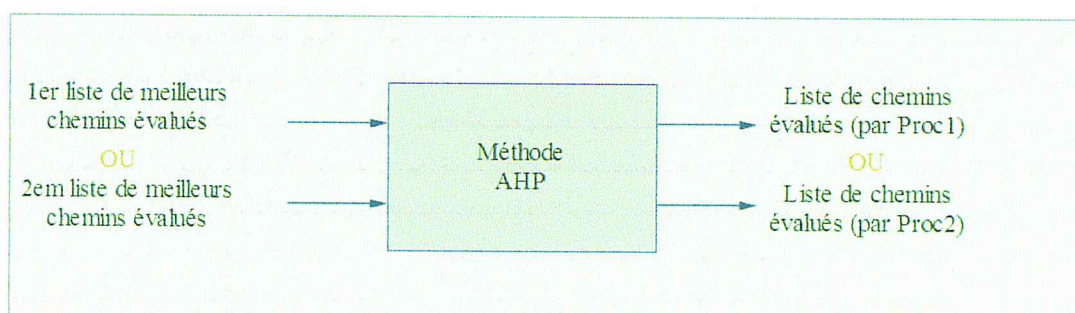


Figure III-17 : schéma descriptif de processus de l'aide à la décision

La méthode du AHP nous a permis de prendre en compte les critères cités dessus dans la présentation et l'évaluation des meilleurs chemins (qui sont fournis par les méthodes de Dijkstra et génétique) pour la topologie du réseau, ainsi, cette contribution va permettre une meilleure analyse au décideur.



### **III.7. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons étudié les méthodes de résolution des problèmes d'optimisation et réalisé une conception tout en respectant leurs normes grâce à la conception UML, dans le chapitre suivant on va passer à la réalisation de l'application.

D'après la description détaillée des processus du système on peut dire que le processus du calcul du plus court chemin, ainsi que celui de la tournée minimale nous ont permis d'avoir les meilleurs chemins pour faire les liaisons entre les équipements, mais l'intervention du processus d'aide à la décision a filtré ces chemins—d'un côté-, on ne laissant que les chemins possibles à réaliser et qui respectent bien les critères imposés dans le problème, et dans un autre côté, elle a aidé le décideur a mieux interpréter ces chemins pour les analyser et améliorer ainsi le réseau.

# CHAPITRE 4

## Implémentation

### et tests

## **IV. Chapitre 4 : Implémentation et tests**

### **IV.1. Introduction**

Après avoir présenté dans le chapitre précédent la modélisation UML de notre système. L'objectif de ce chapitre est de présenter notre logiciel d'aide à la décision et de présenter les résultats obtenus par l'application des méthodes choisies.

Dans ce chapitre, nous allons définir en première partie les outils de développement utilisés pour l'implémentation de notre système, et en deuxième partie nous allons présenter les interfaces de nos applications.

### **IV.2. Environnement de développement de l'application**

#### **IV.2.1. plateforme de développement Web (XampServer)**

XampServer est une plate-forme de développement Web sous Windows pour des applications Web dynamiques à l'aide du serveur Apache2, du langage de scripts PHP et d'une base de données MySQL. Il possède également PHPMyAdmin pour gérer plus facilement vos bases de données .

#### **IV.2.2. Les langages de scripts utilisés**

##### **IV.2.2.1. HTML**

Le HTML (ou HyperText Markup Language) est un langage hypertexte à balises (ou marqueurs), il a comme fonction principale : de gérer la façon dont un texte va s'afficher au sein du navigateur.

HTML n'est pas un langage de programmation au sens classique du terme, mais il est essentiellement un langage de formatage du texte, permettant l'habillage de pages web qui sans celui-ci seraient bien dénuées d'intérêt .

##### **IV.2.2.2. CSS**

Le CSS est un langage de script utilisé pour mettre en forme les fichiers HTML ou.

XML .Ainsi, les feuilles de style, aussi appelé les fichiers CSS, comprennent du code qui permet de gérer le design d'une page en HTML

#### **IV.2.2.3. PHP**

Le PHP est un langage informatique utilisé sur l'internet. Le terme PHP est un acronyme récursif de "PHP: HyperText Preprocessor".

Ce langage est principalement utilisé pour produire un site web dynamique. Il est courant que ce langage soit associé à une base de données, tel que MySQL. Exécuté du côté serveur (l'endroit où est hébergé le site) il n'y a pas besoin aux visiteurs d'avoir des logiciels ou plug-ins particulier. Néanmoins, les webmasters qui souhaitent développer un site en PHP doivent s'assurer que l'hébergeur prend en compte ce langage.

Lorsqu'une page PHP est exécutée par le serveur, alors celui-ci renvoie généralement au client (aux visiteurs du site) une page web qui peut contenir du HTML, XHTML, CSS, JavaScript.

#### **IV.2.3. Choix de SGBD : MY SQL**

Système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR) sous licence GNU très utilisé pour mettre en ligne des bases de données.

MYSQL fonctionne sur beaucoup de plates-formes différentes, incluant AIX, BSDi, freeBSD, HP6UX, linux, macOS X, netBSD, openBSD, OS/2 Warp, SGI Irix, solairs, sun OS, SCO open server, SCO Unix Ware, tru64 Unix, Windows95, 98, NT, 2000 et XP .

#### **IV.2.4. Google MAPS API :**

Google Maps est un service de cartographie en ligne. Le service a été créé par Google. Lancé en 2004 aux États-Unis et au Canada et en 2005 en Grande-Bretagne (sous le nom de Google Local), Google Maps a été lancé mardi 25 avril 2006, simultanément en France, Allemagne, Espagne et Italie.



C'est un service disponible sur PC, sur tablette et sur smartphone qui permet, à partir de l'échelle d'un pays, de zoomer jusqu'à l'échelle d'une rue. Des prises de vue fixes montrant les détails de certaines rues sont également accessibles grâce à une passerelle vers Google Street View.

Grace a le code fournis par google (le site : [developers.google.com](http://developers.google.com)) on a implémenté la cartographie en mode « walking » pour permettre à l'agent de saisie de bien localiser les équipements et les tracer avec un « marker ».

#### **IV.2.5. Google MATRIX DISTANCE API [31]**

L'API Distance Matrix est un service qui fournit la distance et la durée du trajet pour une matrice d'origines et de destinations. L'API retourne des informations basées sur l'itinéraire recommandé entre les points de début et de fin, tel que calculé par l'API Google Maps, et se compose de lignes contenant `duration` et des `distance` valeurs pour chaque paire.

D'après le code fournis par google (le site : [developers.google.com](http://developers.google.com)), on a pu de calculer la distance réelle entre deux équipements en utilisant les coordonnées de chaque équipement.

### **IV.3. Outils de développement**

- APPServer v2.8.0
  - Apache Web Server Version 2.4.18
  - PHP Script Language Version 5.6.718 & 7.0.3
  - MySQL Database Version 5.7.10
  - phpMyAdmin Database Manager Version 4.5.4.1
- Rapid PHP v18.0
- Rapid CSS
- EDRAW max v8.2
- Sublime3

## IV.4. Les interfaces de l'application

### IV.4.1. Interface « authentification »



Figure IV-1 : interface « authentification »

On a exactement trois utilisateurs qui ont accès à cette application. Chaque utilisateur doit s'identifier.

### IV.4.2. Interface « page administrateur »

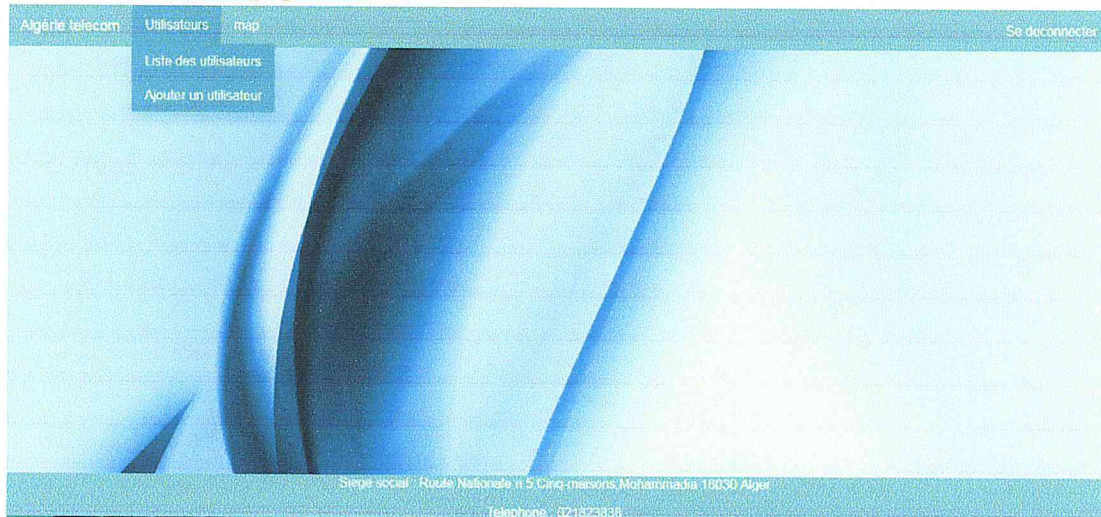


Figure IV-2 : interface « page administrateur »



#### IV.4.3. Interface « liste des utilisateurs »

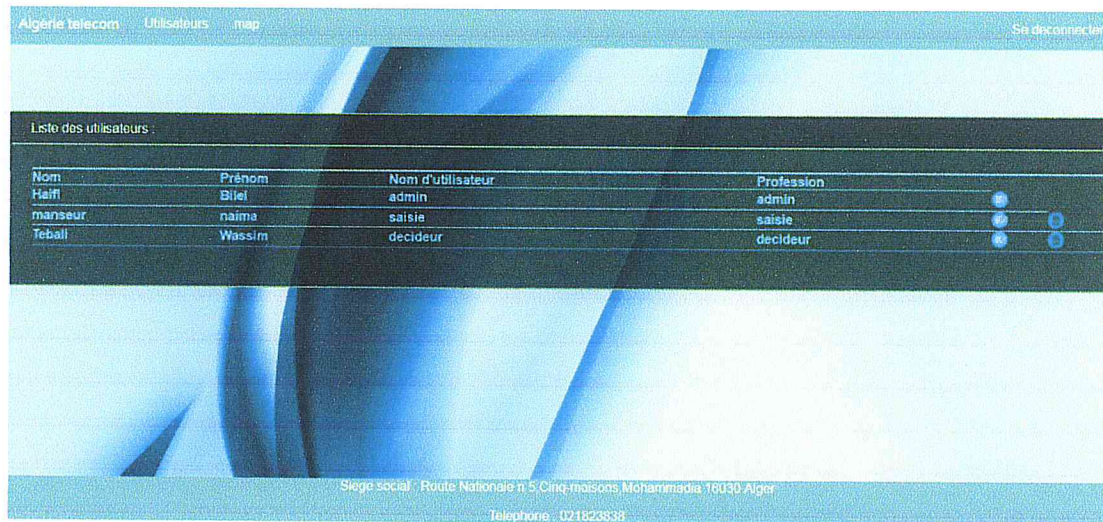


Figure IV-3 :interface « liste des utilisateurs »

#### IV.4.4. Interface « Ajouter utilisateur »

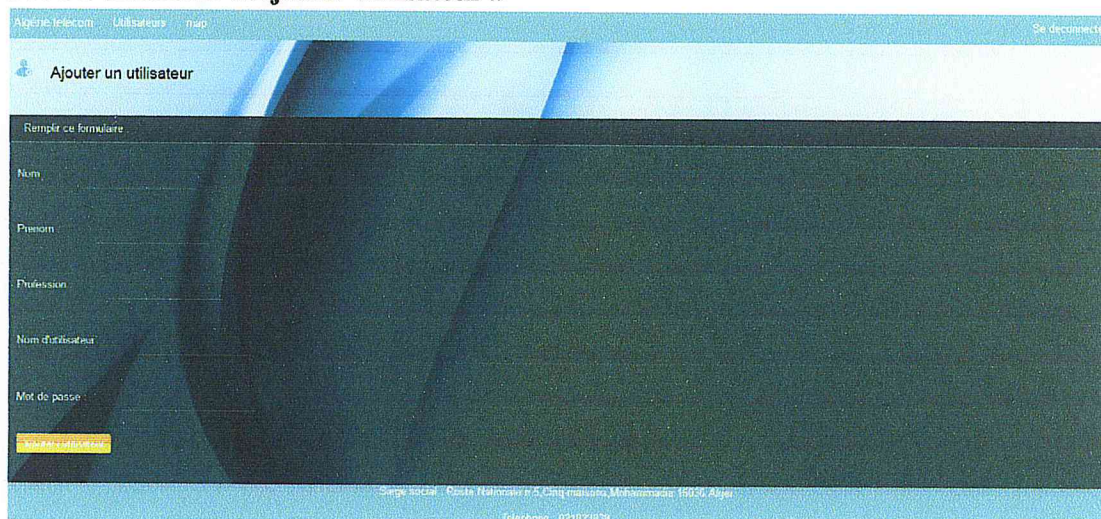


Figure IV-4 :interface « ajouter un utilisateur »



#### IV.4.5. Interface « confirmer localisation »

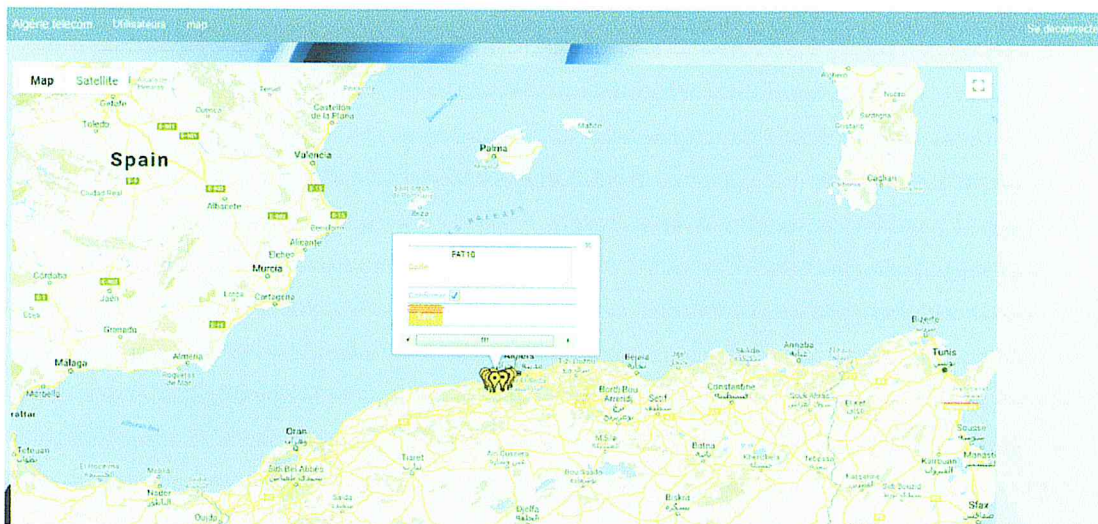


Figure IV-5 : interface « confirmer localisation »

L'administrateur vérifie la localisation de l'équipement, pour la confirmer faut cocher la case et cliquer 'save' et la page sera actualiser.

#### IV.4.6. Interface « Liste des équipements »

The screenshot displays a dashboard with three tables listing equipment. Each table includes columns for Code, Nom, Marque, Date mise en service, RF, Capacité, and Ports. The FAT table lists equipment with codes FAT1 to FAT9. The OLT table lists OLT1 and OLT2. The FTB table lists FTB2, FTB5, FTB6, and FTB7. Each row has small icons for editing and deleting.

Code	Nom	Marque	Date mise en service	RF	Capacité	Ports
FAT1	CDR01	Huawei	2017-11-12	2	0	1
FAT4	ACCE5510	Huawei	2017-11-12	2	0	1
FAT12	ACCE5512	Huawei	2017-11-12	10	0	1
FAT3	ACCE552	Huawei	2017-11-12	10	1	1
FAT5	ACCE553	Huawei	2017-11-12	10	2	1
FAT9	ACCE556	Huawei	2017-11-12	10	2	5

Code	Nom	Marque	Date mise en service	RF	Capacité	Ports
OLT1	C1961	Huawei	2017-11-12	10	756	262
OLT2	Cote 2	Huawei	2017-11-12	10	256	735

Code	Nom	Marque	Date mise en service	Ports
FTB2	DISTRIBUTION 2	Huawei	2017-11-12	1
FTB5	DISTRIBUTION 5	Huawei	2017-11-11	1
FTB6	DISTRIBUTION 6	Huawei	2017-11-12	4
FTB7	DISTRIBUTION 7	Huawei	2017-11-12	7

Figure IV-6 : interface « liste des équipements »

Après l'authentification de l'agent de saisie, on peut consulter les listes de tous les équipements.

Pour modifier ou supprimer un équipement, dans chaque ligne d'un équipement il y'a icone de modifier et l'icone de supprimer.



#### IV.4.7. Interface « Ajouter équipement »

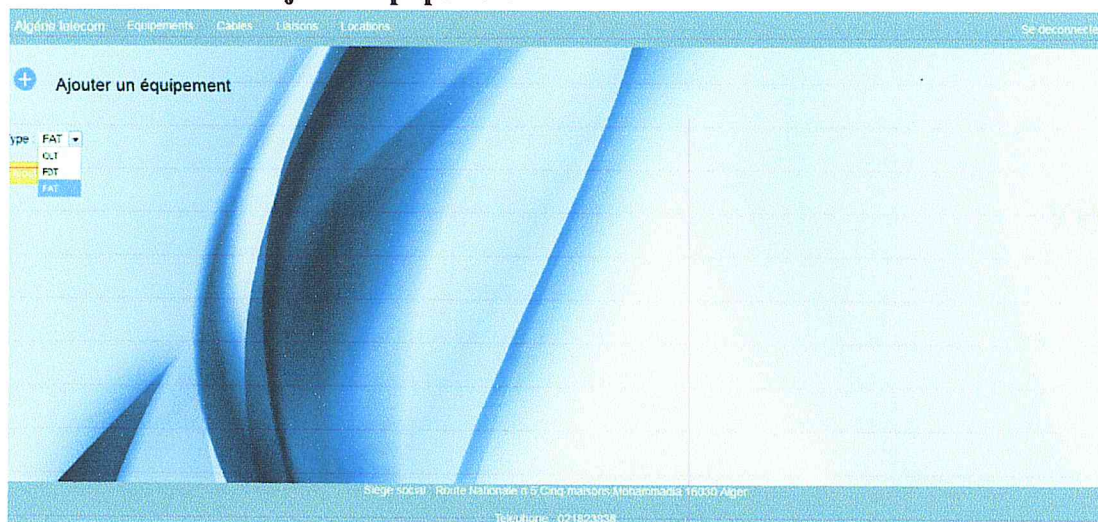


Figure IV-7 :interface « Ajouter équipement »

L'agent doit choisir un type d' équipement

- FAT

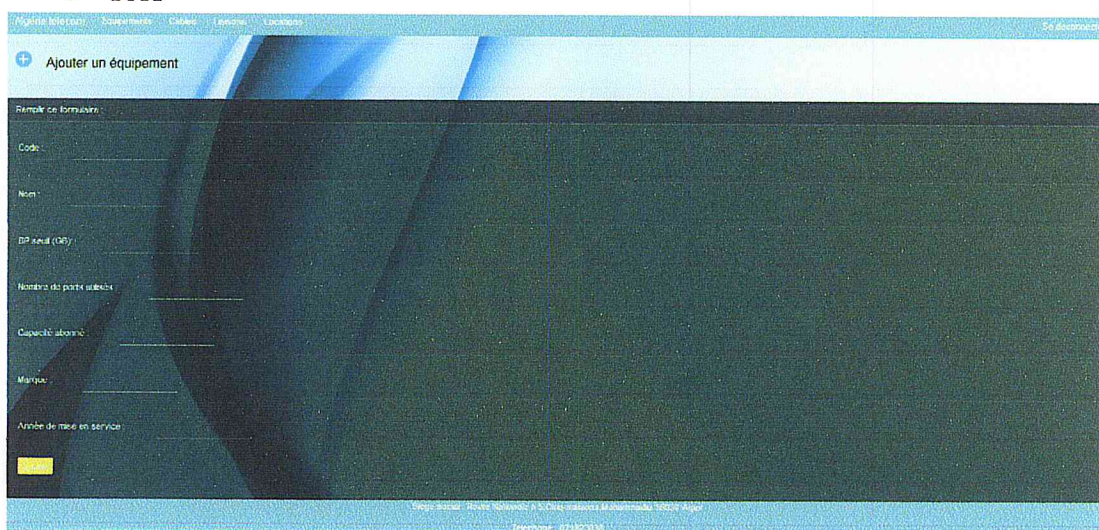


Figure IV-8 :interface « Ajouter FAT »



- FDT

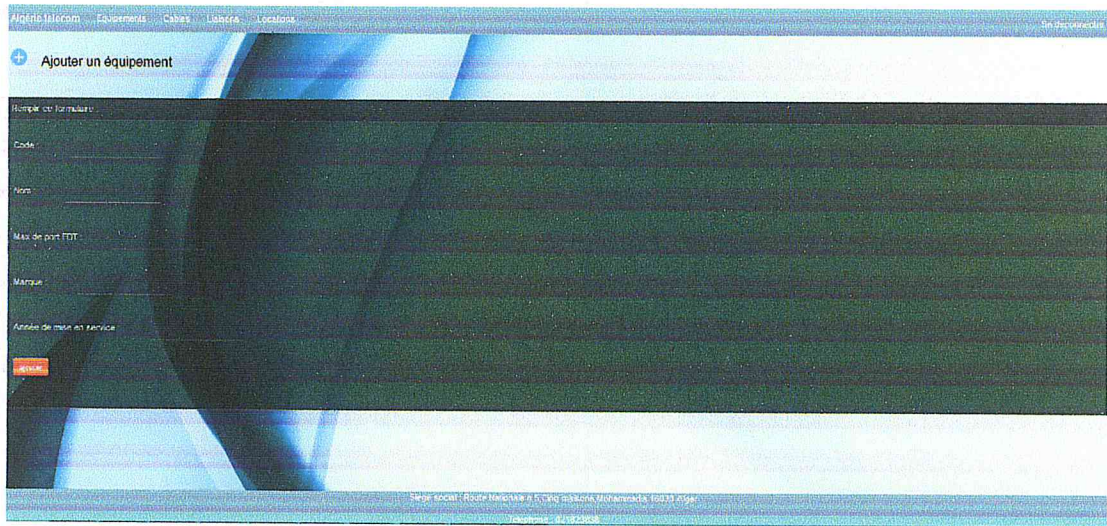


Figure IV-9 : interface « Ajouter FDT »

- OLT

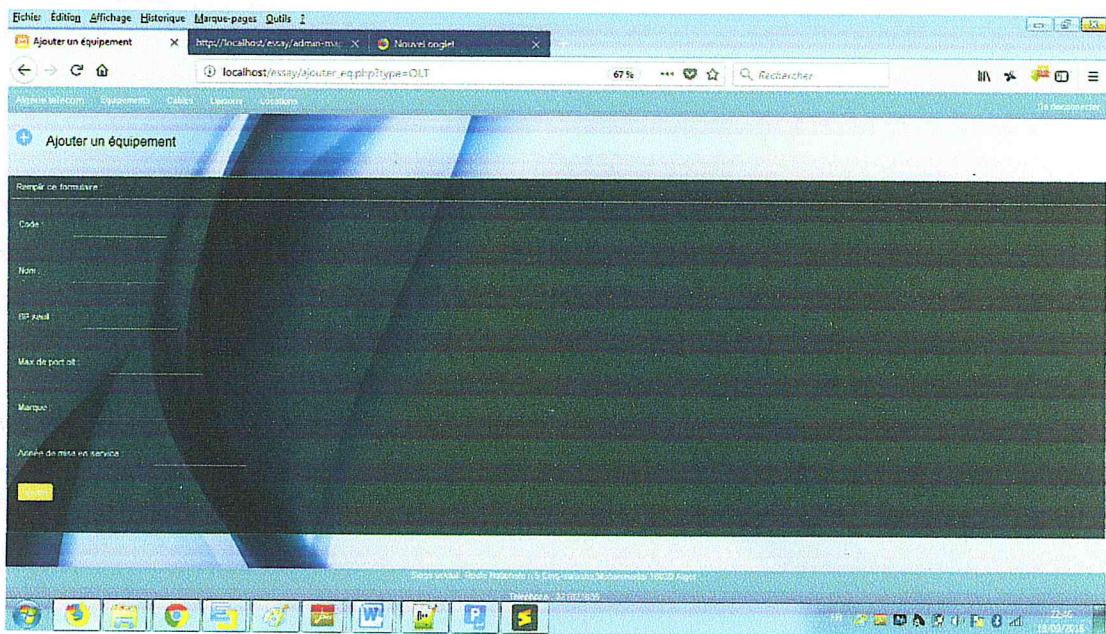


Figure IV-10 : interface « Ajouter OLT »

L'agent doit remplir tous les champs, et cliquer sur 'Ajouter', un message d'erreur sera affiché s'il y'a une erreur, sinon les listes de tous les équipements va s'affiche.

Remarques :

Les erreurs générés dans le formulaire sont :

- ✓ Avant d'ajouter les informations de l'équipement, l'agent doit ajouter la localisation de l'équipement sur map.
- ✓ Une case vide (information manquante)
- ✓ Numéro de port, seuil doivent être en numériques.



#### IV.4.8. Interface « Liste des cables »

Code Equipement 1	Nom	Code Equipement 2	Nom	Distance
FDT2 / fdt	DISTRIBUTION 2	OLT1 / olt	CORE1	4.0427271604571
FAT6 / fat	ACCESS6	OLT1 / olt	CORE1	2.1634516216184
FDT6 / fdt	DISTRIBUTION 6	OLT1 / olt	Core 2	2.5777083001678
FDT6 / fdt	DISTRIBUTION 6	OLT2 / olt	Core 2	5.7862519397955
FDT7 / fdt	DISTRIBUTION 7	OLT2 / olt	Core 2	0.061883693841688
FAT1 / fat	CORE1	FDT3 / fdt	DISTRIBUTION 2	2.4823158611936
FAT3 / fat	ACCESS3	FDT2 / fdt	DISTRIBUTION 2	1.9788892784745
FAT2 / fat	ACCESS2	FDT2 / fdt	DISTRIBUTION 2	2.4516263790566
FAT12 / fat	ACCESS12	FDT6 / fdt	DISTRIBUTION 6	3.5821251787426
FAT10 / fat	ACCESS10	FDT7 / fdt	DISTRIBUTION 7	0.061883693841685

Figure IV-11 :interface « liste des cables »

La seule action avec un cable que l'agent peut faire c'est le 'supprimer'.

#### IV.4.9. Interface « Ajouter un cable »

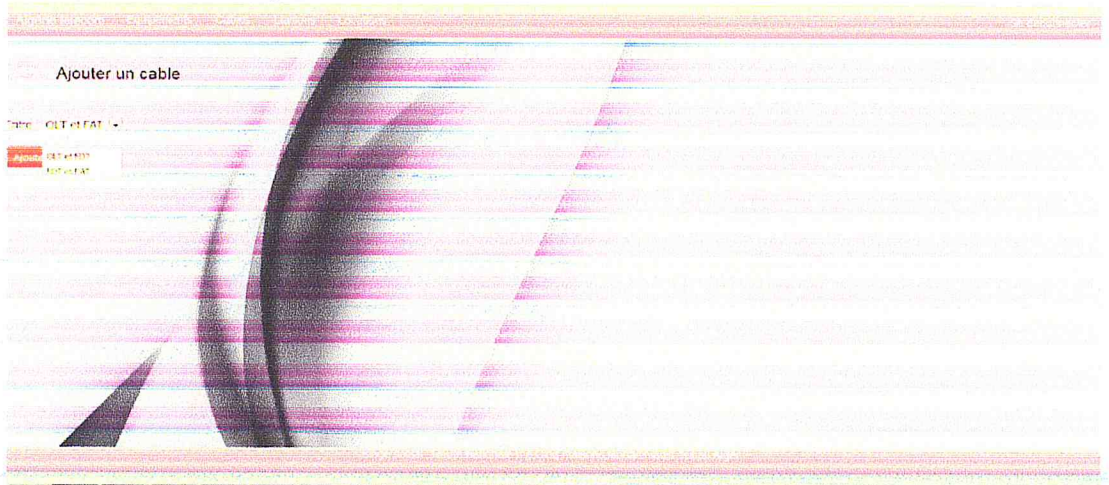


Figure IV-12 : interface « Ajouter cable »

L'agent va choisir les deux équipements qui vont être liés et clique 'Ajouter'

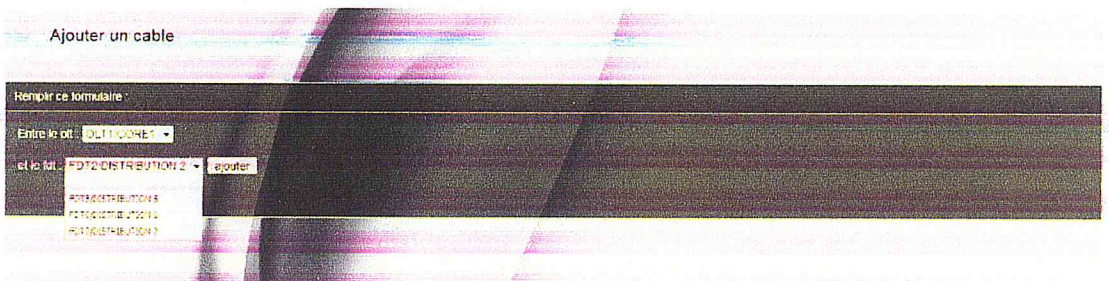


Figure IV-13 : interface « choisir deux équipement pour câblé »



L'agent va choisir entre les équipements, et clique 'ajouter' après la distance sera calculer automatiquement (à l'aide de google matrix).

#### IV.4.10. Interface «liste des liaisons »

Liste des liaisons

Equipement 1	Nom de l'équipement 1	Equipement 2	Nom de l'équipement 2	Num de port connecté	
FAT5	ACCESS6	OLT1	CORE1	23	●
FDT2	DISTRIBUTION 2	OLT1	CORE1	11	●
FDT5	DISTRIBUTION 5	OLT2	Core 2	24	●
FDT2	DISTRIBUTION 2	OLT1	CORE1	25	●
FDT7	DISTRIBUTION 7	OLT1	CORE1	28	●
FAT1	CORE1	FDT2	DISTRIBUTION 2	1	●
FAT3	ACCESS3	FDT2	DISTRIBUTION 2	2	●
FAT2	ACCESS2	FDT2	DISTRIBUTION 2	3	●
FAT12	ACCESS12	FDT5	DISTRIBUTION 5	3	●
FAT10	ACCESS10	FDT7	DISTRIBUTION 7	1	●

Figure IV-14 : interface « liste des liaisons »

Pour chaque liaison l'agent peut modifier ou supprimer.

#### IV.4.11. Interface «ajouter liaison »

Ajouter une liaison

Entre : OLT et FAT ▼

- OLT et FAT
- Ajouter une liaison
- FDT et FAT

Figure IV-15 : interface « ajouter liaison »

L'agent choisit les types des équipements, et clique 'Ajouter'  
 Cette page s'affiche

Ajouter une liaison possible

Retourner ce formulaire

Entre le til : OLT1/CORE1 ▼

et le til : FAT1/CORE1 ▼

Numero de port OLT : \_\_\_\_\_

Ajouter

Figure IV-16 :interface « choisir deux équipements à liés »



L'agent choisit les équipements depuis les selections, et doit entrer le numéro de port de l'équipement source . C à d, entre OLT et FDT le numéro de port de OLT doit être introduit de cette façon XY, par ex : 25.

Le 2 réfère à numéro de slot le 5 réfère à numéro de port sur le slot 2.

Ou entre FDT et FAT, le numéro de port de FDT doit être introduit. Par exemple les FDT utilisés maintenant ont capacité de 4 ports , alors l'agent introduit un numéro entre 1 et 4.

Et clique Ajouter , et la page de liste des liaisons sera affichée.

Remarques :

- ✓ Une erreur sera produite si le numéro de port n'est pas une valeur numérique.
- ✓ Le numéro de port FAT utilisé doit être introduit dans 'ajouter équipement'

#### IV.4.12. Interface «Ajouter localisation de l'équipement »



Figure IV-17 : interface « Ajouter localisation d'un équipement »

L'agent zoom sur le quartier où l'équipement doit être installé et clique un 'marker' va être créé, et la case descriptive va s'afficher, l'agent doit entrer code de l'équipement. Un message s'affichera d'attendre la confirmation de l'administrateur.

#### IV.4.13. Interface « Topologie possible pour OLT »

Détail des configurations possibles des OLT

Solution	Chemins	Nombre de ports libres	Distance (mètre)	Depense (mètre)	port libre
1	FD12	254	1,137	1,137	oui
	FD15	254			
	FD14	254			
	OL14	254			
	OL12	254			
2	FD18	254	1,108	1,107	oui
	FD12	254			
	FD15	254			
	OL14	254			
	FD14	254			
3	FD15	254	1,178	1,117	oui
	FD16	254			
	FD17	254			
	OL12	254			
	FD12	254			
4	FD15	254	1,106	1,206	oui
	FD12	254			
	OL12	254			
	FD17	254			
	OL14	254			
5	FD15	254	1,108	1,108	oui
	FD12	254			
	FD16	254			
	OL14	254			
	FD17	254			
6	OL12	254	1,141	1,078	oui
	FD17	254			
	FD15	254			
	OL14	254			
	FD12	254			

Figure IV-18 : interface « topologie possibles pour OLT»

Évaluation des solutions proposées des OLT

critère	distance	cout	combrenent	accro	decision
option	0,682	0,037	0,230	10	
1	1,57	1,59	1,57	4,55098	
2	1,58	1,17	1,57	4,56762	
3	1,56	2,12	1,57	4,55548	
4	1,78	4,88	1,87	1,99214	Mauvais
5	1,78	0	1,87	1,59444	
6	1,96	0	1,67	1,57624	

Figure IV-19 : interface « Evaluation des topologies trouvés pour OLT»

#### IV.4.14. Interface « Solutions proposés pour FAT »

Liste proposee pour le FAT

Entrez code FAT :

Figure IV-20 :interface « chercher code de FAT »



Liste proposée pour un FAT

Détail des configurations possibles du FAT: FAT3

Solution	FAT	Source	Chemin	Ports libres sur OLT
1	FAT3	FDT2	FAT3	255
			FDT2	255
2	FAT3	FDT5	FAT3	255
			FDT2	255
			OLT1	254
			FDT7	254
			OLT2	254
3	FAT3	FDT6	FAT3	255
			FDT2	255
			OLT1	254
			FDT7	254
			OLT2	254
4	FAT3	FDT7	FAT3	255
			FDT2	255
			OLT1	254
			FDT7	255
			FDT7	255
5	FAT3	OLT1	FAT3	255
			FDT2	255
			OLT1	255
6	FAT3	OLT2	FAT3	255
			FDT2	255
			OLT1	254
			FDT7	254
			OLT2	255

Figure IV-21 : interface « liste proposée pour le FAT »

Evaluation des configurations possibles du FAT: FAT3

critere	distance	cout	carburant	score	decision
Option	0.882	0.882	0.236		
1	2.08	10.28	10	4.82234	
2	1.85	20.25	10	5.2822	oui
3	0.34	4.9	10	2.75517	
4	2.09	10	10	4.88525	
5	2.09	10	10	4.88518	
6	1.85	10	10	4.4417	

Figure IV-22 : interface « Evaluation des chemins proposés »

## IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu de concevoir et réaliser l'application en suivant les diagrammes de UML en utilisant le langage de programmation PHP accompagné du SGBD MySQL, et à l'aide de m éthode AHP et algorithme Djikstra et algorithme génétique on a pu de proposer à décider les plus proches solutions possibles.



# Conclusion générale

## V. Conclusion générale

Le travail présenté dans cette mémoire s'est porté sur la conception d'un système d'aide à la décision multicritère qui traite le domaine d'optimisation en vue de l'amélioration du réseau FTTH d'Algérie Télécom.

La topologie du réseau de transmission de signal numérique constitue un facteur important qui touche directement les performances du réseau de télécommunication. On a traité le problème sur trois axes de recherche:

- La recherche du plus court chemin dans un graphe.
- La recherche de la tournée minimale dans un graphe.
- L'aide à la décision multicritères.

Dans ce travail, nous avons utilisé l'algorithme de Dijkstra pour retrouver les meilleurs chemins entre les équipements du réseau. On a utilisé aussi la méthode génétique du voyageur de commerce pour chercher les meilleures tournées qui passe par les équipements (OLT et FDT). Puis on a fait intervenir la méthode d'aide à la décision du AHP pour projecteur les critères imposés par le décideur sur les chemins trouvés. Ainsi, l'AHP a contribué à l'évaluation des alternatives et cela a permis au décideur une meilleure interprétation et analyse des topologies possibles.

Les résultats des tests qu'on a effectué ont montré que la combinaison des trois approches a facilité à décideur d'avoir une vue générale de tous le réseau, ainsi que garder trace lors de l'installation de n'importe nouveau équipement.

## Bibliographie

- [1] O. Ismahane, «Modélisation en aide à la décision,» Université, Jijel, 2016.
- [2] B. ROY, «the outranking approach and the foundations of ELECTRE Methods, Reading in multiple criteria decision aid,» berlin springer, 1990.
- [3] Thibaut et Z. Takadong, «Systeme Interactif d'aide à la decision,» Cameron, 2005.
- [4] E. Turban, «Decision Support and expert systems,» Macmillan, 1993.
- [5] A. KAZI et N. HASSAINA, «these de doctorat en sciences de gestion, La modélisation des préférences du décideur dans le modèle du goal programming,» 2008.
- [6] R. Caillet, «etude et comparaison des méthodes existances en vue d'une application en analyse de cycle de vie,» chez *Analyse multicritère*, Montreal, 2003.
- [7] Ayadi et Dorra, «application du modele de goal programming avec les fonctions de satisfactions dans l'industrie de traitement de gaz,» France, Université d'Angres, 2010.
- [8] L. T. SAATY, «time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: generalising from points to functions and from real to complex variables,» chez *Mathematical and computer modelling*, 2007.
- [9] D. AYADI, I. Azzabi, A. Kobi, C. Robledo et H. Chabchouib, «Hierarchisation des risques des matieres dangeureuses: application de la méthode Macbeth,» chez *8ème congrés qualité et sureté de fonctionnement*, QUALITA, 2009.
- [10] A. Ayadi, D. Azzabi, D. Kobi, A. Robledo, C. Chabchoub et H. Boujelbene, «« Pilotage des processus du système management de la qualité: une approche multicritère pour la prise de décision,» chez *conférence internationale maitrise et management des Risques Industriels*, Méri, 2008.
- [11] L. T. Saaty, «Decision making with the AHP, why is the principal Eigevector necessary,» *European Journal of operational research*, 2003.
- [12] B. TAIBI, «L'analyse multicritère comme outil d'aide à la décision: application de la méthode PROMETHEE,» Université TLEMCEN, Tlemcen, 2010.
- [13] M. Rami et A. Garcia Luis, «Comparison of different multicriteria evaluation methods for the Red Bluff diversion dam,» Colorado state university, 2000.
- [14] G. Tristram, «Calcul d'itinéraire multimodal et multi objectif en milieu urbain, Modelling and Simulation,» Université des sciences Sociales, Toulouse I, 2010.



- [15] C. Rossignol, «Généralités sur les graphes,» support de cours, 2009.
- [16] M. Hadji, «Synthèse de réseaux à composantes connexes uni cliques,» université de paris VI, 2009.
- [17] P. Lacomme, C. Prins et M. Sevaux, «Algorithmes de graphes,» chez *chapitre 6*, EYROLLES, 2003.
- [18] Grabener et Tristram, «Calcul d'itinéraire multimodal et multiobjectif en milieu urbain. Modélisation et simulation,» Université Toulouse I, 2010.
- [19] H. Bakonirina, «modélisation des réseaux optiques WDM et application des heuristiques aux routages optiques,» université d'antananarivo, 2010.
- [20] R. Lorenzi, «Option Informatique,» Camille Guérin, 2015.
- [21] B. V, «Conception de méthodes pour le transport à la demande pour les terminaux mobiles de types smartphones sous android,» polytech Clermont-Ferrand, 2013.
- [22] V. Gardeux, «Conception d'heuristiques d'optimisation pour les problèmes de grande dimension: application à l'analyse de données de puces à ADN,» Université Paris-Est, 2011.
- [23] M. Kairanbay et J. ., Mat, «Review And Evaluations of shortest path algorithms,» *international journal of scientific and technology reserch*, vol. 2, 2013.
- [24] C. Glacet, «algorithmes de rouage de la réduction des couts de communication à la dynamique,» université de bordeaux inria bordeaux sud-ouest, 2013.
- [25] Mahmoud, M. Rami et A. Garcia Luis, «Comparison of different multicriteria evaluation methods for the Red Bluff diversion dam,» *Enviromental Modelling and software*, vol. 15, n° 15, pp. 471-478, 2000.
- [26] S. Labeled, «méthodes bio-inspirées hybrides pour la résolution de problèmes complexes,» université constantine 2, 2013.
- [27] T. B. Tadunfock et L. Fotso, «heuristiques du problème du voyageur de commerce,» *université de Yaoundé*, vol. 1, 2006.
- [28] A. Chamseddine, «optimisation multi-objectif évolutionnaires,» Polytech Tunisie, 2005.
- [29] J. Dréo, A. Pétrowski, P. Siarry et E. Taillard, Méthaheuristiques pour l'optimisation difficile, Editions Eyrolles, 2003.
- [30] A.-Q. Mahmoud, «Design and Implementation of a Fiber to the Home FTTH Access Network based on GPON,» *International Journal of Computer Applications*, vol. 92,

n° 16, 2014.

- [31] F. DUTHILLEUL, «Réseaux optiques passifs,» 10 Aout 2001. [En ligne]. Available: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12>. [Accès le Juillet 2018].
- [32] J. Micolta et v. Camilo, «Analysis of performances and tolerances of the second generation passive optical networks for FTTH systems,» 2014.
- [33] Google Matrix, «<http://developers.google.com>» [Accès le Juillet 2018].
- [34] C. Mancel, «Modélisation et résolution de problèmes d'optimisation combinatoire issus d'applications spatiales. Automatique /Robotique,» INSA de Toulouse , 2004.
- [35] T. T. Bernard, «Heuristiques du problème du voyageur de commerce,» Université Yaoundé I, Cameroun, 2006.

# Annexe



## Annexe

### L'application de la méthode AHP :

L'AHP utilise des formules

le poids d'un critère, un sous critère ou une alternative, on présente dans une 1ere partie la matrice de comparaison deux a deux des critères suivants :

- La distance
- Les dépenses
- Le cambrement

Dans la hiérarchie du AHP, on determine chaque niveau comme suite

- Niveau 0 : l'objectif est la recherche de la meilleure topologie
- Niveau 1 : les critères sont
- Niveau 2 : on n'a pas de sous critère dans notre problème.
- Niveau 3 : les alternatives sont les differentes topologies dont l'un d'elles est la meilleure selon l'ensemble des critrères par rapport aux autres topologies

Dans tout ce qui suit, on considère que la colonne « priorité » représente le poids d'une ligne par rapport aux autres lignes, ce poids doit respecter l'échelle de Saaty :

Degré d'importance	Définition
1	Importance égale des deux éléments
3	Faible importance d'un élément par rapport à un autre.
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre.
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre.
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre.
2,4,6,8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines.
Réciprocité	Si l'élément i se voit attribuer l'un des chiffres précédents lorsqu'elle est comparée à l'élément j, ce dernier aura donc la valeur inverse lorsqu'on le compare à i.

Table 1 : Echelle de Saaty de la méthode AHP

Comme on a cité avant, dans le tableau III-1 les comparaisons entre critères deux à deux qu'on a utilisé pour tester notre système.

critère	Distance	Depense	Cambrement	3rd root	Poids
Distance	1	8	1	2	0.571428
Depense	0.125	1	1	0.5	0.142857
Cambrement	1	1	1	1	0.285714
Somme	2.125	10	3	3.5	1
Somme PV	1.2142857	1.428571	0.857142	3.5	0

Table 2 : calcul de poids pour chaque comparaison

• Calcul du « 3rd root » :

- Distance :  $(1 \times 8 \times 1)^{(1/3)} = 2$ .
- Dépense :  $(0,125 \times 1 \times 1)^{(1/3)} = 0,5$ .
- Cambrement :  $(1 \times 1 \times 1)^{(1/3)} = 1$ .

On divise sur 3 car on a 3 critères.

• Calcul du poids : «Poids»

Poids d'un critère  $i = 3rd\ root\ du\ critère\ i / la\ somme\ de\ tous\ les\ 3rd\ root$

- Distance:  $(2 / 3,5) = 0.571$ .
- Dépense:  $(0,5 / 3,5) = 0.142$ .
- Cambrement:  $(1 / 3,5) = 0.285$ .

Remarque : quand tout est calculé correctement, les poids pour chaque critère doivent se résumer à un.

• Calcul du ratio de la cohérence: « CR » (avec la Somme PV)

Le ratio de la cohérence (CR) indique si le décideur a comparé de façon cohérente les critères en question.

- Distance:  $(1 + 1,125 + 1) * 0.571 = 1,21$ ;
- Dépense:  $(8 + 1 + 1) * 0.142 = 1,42$ ;
- Cambrement:  $(1 + 1 + 1) * 0.142 = 0.426$ .

Ratio de cohérence (CR) = Indice Cohérence (CI) / Indice aléatoire (RI)

Dans ce cas,  $n = 3$  parce qu'on a trois critères à comparer, et ainsi l'indice aléatoire (RI) égal à 0,58 (de la table des Indices de cohérence moyen).

· Calcule d'indice de cohérence (CI)

$$CI = (\text{La somme des CR de chaque critère} - n) / (n-1)$$

$$CI = (3,5-3) / 2 = 1$$

$$\text{Ainsi : } CR = 1 / 0,58 = 1,72$$

On a cité déjà les indices de cohérence dans tableau I-2 .

$$CR = CI / RI = 0,001 / 0,001 = 0,58$$

lors des comparaisons par paires. Un nombre plus élevé du CR signifie que le décideur a été moins cohérent, alors qu'un nombre inférieur signifie le décideur a été plus cohérent.

- Si le ratio de cohérence (CR)  $< 0,10$ , les comparaisons par paires de décideur sont relativement cohérentes. (Ce qui signifie ses comparaisons par paires sont relativement uniformes et aucune action corrective n'est nécessaire.)

Si le ratio de cohérence (CR)  $> 0,10$ , le décideur devrait sérieusement envisager de réévaluer la source de son / ses paires comparaisons (s) d'incohérence doit être identifié et résolu et l'analyse refaite.

**Remarque :** En répétant ces formules avec les alternatives, on obtient le poids de chacune.

