



REPUBLIQUE DU BENIN

\*\*\*\*\*

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

\*\*\*\*\*

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

\*\*\*\*\*

INSTITUT UNIVERSITAIRE LES COURS SONOU

MÉMOIRE DE FIN DE FORMATION POUR L'OBTENTION DU  
DIPLOME DE LICENCE PROFESSIONNELLE

\*\*\*\*\*



**FILIERE** : Informatique

**OPTION** : Réseau Informatique et  
Télécommunication

**THEME**

**Conception d'une plateforme de déploiement de la  
fibre optique pour la planification des itinéraires :  
Cas du Bénin**

**Réalisé par :**

ADOUKONOU Divin Dodowa Jouvence & QUENUM Merveille Kpèdé Kellec

**Sous la direction de :**

**Maître de stage :**

Mr NONVIGNON Fernand  
Directeur Technique

**Directeur de mémoire :**

Mr SAIBOU Aziz  
Ingénieur Réseaux et Systèmes  
d'Informations

**ANNÉE ACADÉMIQUE 2024-2025**

## ***DÉDICACE 1***

Je dédie ce travail :

- À mon père ;
- À ma mère,
- À mes frères et sœurs.
- À mon pépé qui m'as toujours soutenue ;
- À mon défunt grand père.

***ADOUKONOU DIVIN D. J***

## ***DÉDICACE 2***

Je dédie ce travail :

- À mon père,
- À ma mère,
- À mes frères et sœurs.

***QUENUM MERVEILLE K.K***

## ***REMERCIEMENTS***

Au terme de ce travail, nous tenons à adresser nos sincère remerciement et chaleureux remerciement a toutes ses personnes qui ont contribués d'une manière ou d'une autre à la réussite du présent travail. Nos remerciements vont à l'endroit de:

- Monsieur **Fabrice SONOU**, PDG de l'**institut universitaire Les Cours Sonou**, pour son accompagnement constant, son soutien.
- Monsieur **Cyprien DEGUENON**, le Directeur des Etudes de l'institut universitaire Les Cours Sonou CALAVI.
- Monsieur, **SAIBOU Aziz** notre maitre mémoire, pour son aide, ses conseils avisés et son encadrement attentif tout au long de ce processus.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué à notre formation au niveau de l'université, en particulier les professeurs et tous ceux qui nous ont aidé de près et de loin.

## ***RESUME***

Dans un monde où l'accès à Internet haut débit devient un levier de développement, l'optimisation des infrastructures réseau est un enjeu stratégique, notamment pour les pays en développement. Notre projet est consacré sur une étude des technologies liées à la fibre optique, des méthodes de déploiement, ainsi que des outils de cartographie SIG (Système d'Information Géographique). Nous proposons une solution logicielle automatique FIBER PLANNER qui permet de planifier efficacement les itinéraires de déploiement en fonction de critères techniques, géographiques et économiques. Dans le cadre de notre mémoire, nous avons utilisé pour la méthodologie et la conception le langage UML, Python pour le développement des différents modules de notre système et MySQL pour la gestion de la base de données. Ce projet permettra de démontrer la pertinence de l'usage des outils numériques dans la gestion intelligente des réseaux télécoms et posera les bases d'un outil évolutif adapté aux réalités de notre pays : le Bénin.

Mots-clés : SIG, FIBER PLANNER, Gestion Intelligente, Fibre optique.

## ***ABSTRACT***

In a world where access to high-speed Internet has become a driver of development, optimizing network infrastructure is a strategic challenge, especially for developing countries. Our project focuses on the study of fiber optic technologies, deployment methods, and GIS mapping tools. We propose an automated software solution called FIBER PLANNER, which enables efficient planning of deployment routes based on technical, geographical, and economic criteria. As part of our thesis, we used UML for methodology and design, Python for developing the different modules of our system, and MySQL for database management. This project aims to demonstrate the relevance of using digital tools for the intelligent management of telecom networks and to lay the foundation for a scalable tool adapted to the realities of our country: Benin.

Keywords : GIS, FIBER PLANNER, Intelligent Management, Optical Fiber.

## ***LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES***

**FTTH** : Fiber To The Home (Fibre jusqu'au domicile)

**FTTB**: Fiber to The Building (Fibre jusqu'au bâtiment)

**FTTC** : Fiber To The Curb (Fibre jusqu'au trottoir)

**FTTN** : Fiber To The Node (Fibre jusqu'au nœud)

**SIG** : Systeme d'Information Geographique (Système d'Information  
Géographique)

**UML** : Unified Modeling Language (Langage de Modélisation Unifié)

**MCD** : Modele Conceptuel de Donnees (Modèle Conceptuel de Données)

**MCT** : Modele Conceptuel des Traitements (Modèle Conceptuel des Traitements)

**OTDR** : Optical Time Domain Reflectometer (Réflectométrie optique dans le  
domaine temporel)

**LED** : Light Emitting Diode (Diode électroluminescente)

**LASER** : Amplification de lumiere par emission stimulee (Amplification de  
lumière par émission stimulée)

**SMF** : Single Mode Fiber (Fibre monomode)

**MMF** : Multi Mode Fiber (Fibre multimode)

**WDM** : Wavelength Division Multiplexing (Multiplexage en longueur d'onde)

**DWDM** : Dense Wavelength Division Multiplexing (Multiplexage dense en  
longueur d'onde)

**NRZ** : Non Return to Zero (Non-retour à zéro)

**QAM** : Quadrature Amplitude Modulation (Modulation d'amplitude en quadrature)

**DPSK** : Differential Phase Shift Keying (Modulation par déplacement de phase différentiel)

**API** : Application Programming Interface (Interface de programmation d'applications)

**HTML** : HyperText Markup Language (Langage de balisage hypertexte)

**CSS** : Cascading Style Sheets (Feuilles de style en cascade)

**SQL** : Structured Query Language (Langage de requête structuré)

**EDFA** : Erbium-Doped Fiber Amplifier (Amplificateur à fibre dopée à l'erbium)

**PBO** : Point de Branchement Optique (Point de Branchement Optique)

**PTO** : Prise Terminale Optique (Prise Terminale Optique)

## ***LISTES DES FIGURES***

Figure 1 : Structure d'un câble en fibre optique .....	24
Figure 2 : Principe de réflexion totale interne dans une fibre .....	29
Figure 3 : Architecture d'un réseau FTTH et FTTC complet avec tous les composants .....	32
Figure 4 : Câble en fibre suspendu sur poteaux électriques.....	34
Figure 5 : Diagramme de cas d'utilisation Systems Plan/Planar .....	51
Figure 6 : Diagramme de séquence Calcul d'Itinéraire .....	54
Figure 7 : Diagramme de séquence Visualisation de Carte .....	55
Figure 8 : Diagramme de classe .....	56
Figure 9 : Interface d'inscription de l'utilisateur .....	61
Figure 10 : Interface de connexion.....	62
Figure 11 : Interface principale .....	63
Figure 12 : Interface de saisie d'itinéraire.....	64
Figure 13 : Génération de plan.....	64
Figure 14 : Affichage des emplacements optimal de pose des FAT.....	65

***LISTES DES TABLEAUX***

**Tableau 1** : Identification des acteurs et des cas d'utilisation.....49

## ***SOMMAIRE***

INTRODUCTION.....	11
1.1PRESENTATION DE L'ENTREPRISE .....	12
1.2 RAPPORT DE STAGE.....	14
Chapitre 2 : CADRE THEORIQUE DE NOTRE PROJET .....	22
2.1 PROBLEMATIQUE .....	23
2.2OBJECTIFS DU MEMOIRE.....	23
2.3TECHNOLOGIE DE LA FIBRE OPTIQUE .....	26
2.4MÉTHODES DE DÉPLOIEMENT DE LA FIBRE OPTIQUE .....	33
CHAPITRE 3 : ANALYSE ET CONCEPTION DU SYSTEME .....	43
3.1 BESOINS FONCTIONNELS ET NON FONCTIONNELS .....	44
3.2 Méthodologie.....	46
3.3 CHOIX DE LA METHODE.....	48
3.4 Modélisation UML .....	48
Chapitre 4 : IMPLEMENTATIONS ET RESULTAT .....	57
4.1 Environnement et outils de développement .....	58
4.2 Description du fonctionnement de l'application.....	60
4.3Analyse des résultats .....	65
4.4Limites de la solution .....	66
CONCLUSION GENERALE .....	67
REFERENCES .....	68
TABLES DES MATIERES .....	69

## INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'années, la fibre optique s'est imposée comme la technologie de référence pour répondre aux besoins croissants en connectivité haut débit. Offrant des débits symétriques, une grande fiabilité et une capacité de transmission sur de longues distances, elle est devenue un pilier des politiques de transformation numérique à travers le monde.

Au Bénin, plusieurs initiatives ont vu le jour pour étendre la couverture du territoire en fibre optique. Toutefois, ces projets se heurtent souvent à des défis de planification, de coordination entre les acteurs, et à l'absence d'outils numériques adaptés pour optimiser les itinéraires de déploiement.

Ce mémoire s'inscrit dans cette dynamique d'optimisation en proposant la conception d'une plateforme logicielle permettant de planifier efficacement les parcours de fibre optique à partir de données géographiques, techniques et économiques. L'objectif est de fournir un outil pratique aux opérateurs et aux décideurs, facilitant la prise de décision lors des phases de conception et d'extension du réseau. Le travail se structure autour de plusieurs axes : une revue théorique sur la fibre optique et les outils de cartographie, une analyse des besoins réels dans le contexte béninois, la conception de la plateforme elle-même, et enfin une évaluation de ses apports et de ses perspectives. Ce document est organisé en quatre chapitres, précédés d'une introduction et suivis d'une conclusion générale.

## 1.1 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

Dans le cadre de ma formation, j'ai effectué un stage de plusieurs semaines au sein de l'entreprise DFUMI, spécialisée dans le déploiement et la maintenance des réseaux de télécommunication. Ce stage avait pour objectif de me familiariser avec les technologies FTTH et de contribuer à des missions concrètes sur le terrain.

### ➤ Historique et domaine d'activité

L'entreprise DFUMI est spécialisée dans le secteur des télécommunications au Bénin. Elle intervient principalement dans le déploiement et la maintenance des réseaux de fibre optique FTTH (Fiber To The Home), pour le compte **de l'opérateur Bénin Télécoms Infrastructures (SBIN)**.

**DFUMI** joue un rôle essentiel dans le développement de la connectivité très haut débit au Bénin, en apportant son expertise aussi bien en milieu urbain que dans les zones rurales ou semi-urbaines.

### ➤ Organisation interne de l'entreprise DFUMI (Bénin)

L'entreprise **DFUMI**, basée au Bénin, possède une organisation interne solide, qui lui permet d'intervenir efficacement dans le déploiement et la maintenance des réseaux de télécommunications, notamment la fibre optique FTTH. L'entreprise repose sur une équipe importante, dynamique et bien structurée, composée de techniciens, ingénieurs, agents logistiques, superviseurs et experts en ingénierie. Chacun de ces collaborateurs joue un rôle essentiel dans la réussite des projets menés par **DFUMI**, et leur engagement contribue directement à la qualité des prestations fournies.

Cependant, dans le cadre de ce rapport de stage, et afin de ne pas alourdir la présentation, il a été choisi de se concentrer uniquement sur deux figures centrales de la structure hiérarchique : le Directeur Général et le Team Leader. Ce choix ne remet aucunement en cause l'importance des autres membres de l'équipe, dont le

professionnalisme et la collaboration ont été largement ressentis au quotidien pendant toute la durée du stage

➤ **La Direction Générale**

La société est dirigée par Monsieur **Daniel NONVIGNON, Directeur Général de DFUMI**. Homme de terrain et fin gestionnaire, il est responsable de la stratégie globale de l'entreprise, de la gestion administrative et financière, ainsi que de la supervision des projets techniques en collaboration avec les opérateurs télécoms et les partenaires institutionnels. Sous sa direction, DFUMI a su s'imposer comme un acteur sérieux dans le secteur télécom au Bénin, avec une expertise reconnue dans les projets FTTH. Il assure aussi le suivi des relations clients, la négociation des contrats et la prise de décisions majeures liées aux investissements, au recrutement technique, et à l'expansion des activités.

➤ **La Team Leader (TL)**

Sur le plan opérationnel, l'encadrement des équipes techniques est assuré par Monsieur **Fernand NONVIGNON, Team Leader (TL)**. Il joue un rôle central dans le bon déroulement des missions sur le terrain. Véritable chef d'orchestre, il coordonne les équipes de techniciens lors des différentes phases d'un projet (tirage, raccordement, recette). Ses responsabilités incluent :

- La planification quotidienne des chantiers selon les priorités opérationnelles ;
- La répartition des tâches et le suivi de l'exécution sur chaque point de déploiement ;
- Le contrôle qualité des travaux effectués : conformité des soudures, propreté du tirage, respect des normes FTTH ;
- La formation pratique des nouveaux techniciens ou stagiaires sur les outils (soudeuse, OTDR, etc.) et les règles de sécurité ;

- La remontée des rapports techniques au **Directeur Général** ou au **Bureau d'Études**.

Grâce à son expertise technique et à ses qualités humaines, **Fernand NONVIGNON** garantit une exécution rigoureuse des projets dans le respect des délais et des exigences des clients.

➤ **Les autres services de l'entreprise**

Pour assurer ses activités de manière efficace, DFUMI est composée de plusieurs pôles techniques et administratifs complémentaires :

**Bureau d'Études** : Réalisation des plans, traitement des données terrain, montage des dossiers d'ingénierie et DOE.

**Service Travaux** : Comprend les équipes de tirage et de raccordement, responsables de l'installation physique des infrastructures.

**Service Maintenance** : Intervient en cas de panne ou pour assurer un contrôle régulier du réseau existant.

**Service Logistique** : Gère le stock de matériel, la préparation des équipements et les véhicules.

**Support Technique** : Fournit une assistance en cas de problèmes techniques ou logistiques.

## **1.2 RAPPORT DE STAGE**

Ce stage avait pour objectif principal de nous permettre d'acquérir une expérience pratique en lien direct avec notre formation académique, dans le domaine du déploiement de la fibre optique. De manière plus spécifique, nous avons visé les objectifs suivants :

- ✓ Comprendre le fonctionnement d'un réseau FTTH (Fiber To The Home) dans sa globalité, depuis les nœuds de raccordement jusqu'aux abonnés ;
- ✓ Participer aux opérations de déploiement sur le terrain, afin d'appréhender les réalités techniques et logistiques liées à l'installation de la fibre optique ;
- ✓ Apprendre les techniques de raccordement et de soudure des fibres optiques à l'aide d'outils professionnels spécifiques ;
- ✓ Identifier les contraintes et difficultés liées à la planification d'un réseau fibre, notamment en milieu urbain ;
- ✓ Analyser l'importance d'une bonne topologie dans la structuration et l'efficacité d'un réseau de distribution optique ;

### 1.2.1 Déroulement du stage

#### ➤ Acheminement du câble de transport souterrain

Dans cette étape, nous avons été impliqués dans le tirage de câbles à travers les conduits enfouis reliant les chambres télécom.

#### Étapes :

- Insertion de l'aiguille dans le conduit
- Progression de l'aiguille pour vérifier le passage
- Sondage en cas de blocage
- Fixation du câble à l'aiguille
- Tirage manuel d'un point à un autre

#### Description :

Nous avons effectué cette opération en veillant à la précision du geste et au respect des contraintes du terrain. Le processus débute par l'insertion d'un fil rigide, l'aiguille, dans le conduit afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'obstruction. En cas de blocage, un sondage manuel est réalisé pour localiser et contourner l'obstacle. Le

câble est ensuite attaché à l'aiguille pour être tiré manuellement d'une chambre télécom à une autre, jusqu'à la destination finale. Une grande attention est portée pour éviter de plier ou d'endommager le câble pendant cette opération.

### ➤ **Acheminement du câble de transport aérien**

Nous avons également participé à l'installation du câble de transport en mode aérien, en le faisant passer le long des poteaux.

#### **Étapes :**

- Étude de la plaque technique de la zone
- Pose des armements (traverses) sur les poteaux
- Acheminement et fixation des câbles
- Soudure des fibres dans les boîtiers PEZ
- Utilisation de la soudeuse à arc pour l'ouverture des brins

#### **Description :**

Nous avons débuté par l'analyse de la plaque, une carte technique détaillant la couverture prévue. Ensuite, les traverses ont été installées pour soutenir le câble. Le câble est ensuite déroulé, suspendu et fixé avec précision. Lors des points de jonction, nous avons procédé à la soudure des fibres optiques dans les boîtiers appelés joinbox ou PEZ, à l'aide d'une soudeuse à arc, garantissant ainsi une continuité optique parfaite.

### ➤ **Soudure et raccordement**

Nous avons activement participé à la phase de raccordement, qui constitue une étape critique du déploiement.

### Étapes :

- Dégainage et nettoyage des fibres
- Séparation des tubes contenant les fibres à souder
- Insertion des fibres dans la soudeuse à arc
- Réalisation des soudures
- Pose de la protection (smoove)
- Chauffage de la gaine de protection
- Tests de puissance au niveau des HUB et FAT

### Description :

Le travail de soudure exige une grande précision. Après avoir dégainé et nettoyé les fibres, nous les avons insérées dans la soudeuse à arc, qui aligne parfaitement les extrémités avant de procéder à une soudure électrique ultra précise. Ensuite, une gaine thermo rétractable (smoove) est placée à l'endroit de la soudure pour le protéger et est chauffée pour assurer une fixation solide. Des tests ont ensuite été réalisés pour s'assurer de la continuité du signal et du bon fonctionnement du lien optique.

#### ➤ **Contraintes liées à l'acheminement des câbles**

Pendant notre stage, nous avons constaté que chaque type d'acheminement présente ses propres défis techniques.

### Souterrains :

- Obstructions dans les conduits (débris, sable, eau, etc.)
- Présence de coudes très serrés rendant le tirage difficile
- Fragilité de l'aiguille pouvant se casser lors du sondage
- Coordination à distance avec les autres équipes

### **Aériens :**

- Difficulté d'accès à certains poteaux, surtout en zone urbaine dense
- Espacement irrégulier des poteaux nécessitant des adaptations
- Intempéries affectant le travail en hauteur
- Présence d'obstacles (branches, câbles électriques)
- Risques liés à la sécurité du personnel et des installations

### **➤ Distribution de la fibre optique**

Nous avons participé à l'organisation de la distribution de la fibre, qui s'effectue selon une architecture planifiée à l'avance. Le réseau peut suivre une topologie en étoile ou en arbre selon la densité de la zone à desservir.

Cette étape comprend :

L'analyse du terrain (état des infrastructures existantes, accès, obstacles)

Le choix entre un déploiement souterrain ou aérien

La pose méthodique des câbles depuis les NRO jusqu'aux points de branchement

L'identification et l'étiquetage des fibres pour assurer la traçabilité

La documentation des chemins empruntés pour faciliter les interventions futures

### **Pose des boîtiers FAT (Fibre Access Terminal)**

Les boîtiers FAT sont des points de jonction essentiels dans la topologie d'un réseau FTTH. Nous avons participé à leur mise en place dans différentes configurations urbaines.

Les FAT sont positionnés à des endroits stratégiques, à raison d'un tous les 200 mètres en moyenne. Ils permettent la répartition du signal optique vers les abonnés.

Le choix de leur emplacement prend en compte :

L'accessibilité pour les techniciens

La proximité avec les bâtiments à raccorder

L'esthétique et la sécurité du site

Une fois posés, les boîtiers sont testés, étiquetés et intégrés au système de suivi du réseau.

### ➤ **Arrangement de la distribution à l'aide des tuyaux galvanisés**

Dans certains cas, surtout en zone urbaine, des tuyaux galvanisés sont utilisés pour protéger les câbles pendants à proximité des boîtiers de raccordement. Nous avons aidé à leur mise en place pour :

- Éviter les dommages mécaniques
- Préserver l'aspect visuel des installations
- Protéger les fibres contre l'humidité, les rongeurs, et les agressions extérieures

### ➤ **Acceptation du site par le client (SBIN ou autres opérateurs)**

Une fois les travaux terminés, nous avons participé à la phase de vérification avec les représentants du client. Cette visite technique avait pour but de valider :

- La conformité de l'installation avec les plans initiaux
- La qualité des raccordements
- La sécurité des équipements posés
- L'esthétique globale du site

Un procès-verbal est dressé à l'issue de la visite. Si tout est conforme, une acceptation provisoire ou définitive est prononcée.

➤ **Validation finale et acceptation officielle du site**

Après traitement des éventuelles remarques, une nouvelle inspection est organisée.

Nous avons assisté à la validation finale, qui inclut :

- Des tests de puissance optique
- La vérification des longueurs de fibre
- La consultation des plans de récolement
- La signature du procès-verbal final

Cette étape transfère la responsabilité du site à l'opérateur, marquant la fin officielle du projet d'installation.

➤ **Corrections après acceptation ou levée de réserves**

Lorsque des anomalies ont été relevées, une phase de correction a été mise en œuvre immédiatement. Nous avons observé ou participé à des interventions telles que :

- Le repositionnement de boîtiers
- Le réalignement de câbles
- Le remplacement d'équipements défectueux

Chaque intervention a été documentée avec des photos et des rapports, suivie d'une nouvelle inspection jusqu'à validation complète du client.

## 1.2.2 Apports du stage

Ce stage nous a permis de :

- ❖ Mettre en pratique les connaissances théoriques acquises en formation ;
- ❖ Maîtriser concrètement les différentes étapes du déploiement d'un réseau FTTH ;
- ❖ Manipuler des équipements professionnels tels que la soudeuse à arc, les testeurs de puissance, etc.
- ❖ Développer des compétences techniques précieuses pour le secteur des télécommunications ;
- ❖ Être sensibilisés aux normes de sécurité, de qualité et aux bonnes pratiques du terrain ;
- ❖ Comprendre les enjeux techniques et économiques liés au haut débit au Bénin ;
- ❖ Améliorer notre capacité à travailler en équipe sur des projets techniques ;
- ❖ Être initiés à la gestion de projet (planification, contrôle qualité, relations client) ;
- ❖ Élargir notre réseau professionnel grâce aux échanges avec les techniciens expérimentés ;
- ❖ Valoriser notre parcours académique par une expérience concrète sur le terrain ;

## **Chapitre 2 : CADRE THEORIQUE DE NOTRE PROJET**

## 2.1 PROBLEMATIQUE

À l'ère de la digitalisation au Bénin et dans le cadre du Programme d'Action du Gouvernement, des réformes majeures ont été adoptées pour améliorer l'accès à internet et aux services de télévision. La fibre optique étant un support de transmission incontestable du trafic à haut débit a été adopté. Son déploiement sur l'ensemble du territoire béninois est confronté à certaines difficultés dont les obstacles physiques notamment la végétation qui empêche un passage efficace des câbles aériens, obligeant ainsi à élaguer au niveau des poteaux afin de faire passer les câbles. Aussi l'obstruction des tuyaux sous-terrain obligent parfois à creuser en plein milieu des routes bitumées pour déboucher les dits tuyaux et pouvoir faire passer les câbles. Enfin l'implantation à des endroits inefficaces des FAT oblige à leur repositionnement et ainsi donc pose ainsi un problème de mauvaise planification. Les méthodes classiques utilisées pour l'acheminement des câbles sont jugés inefficace. Ainsi, **comment faire passer de façons adéquates les câbles au niveau de leurs différents canaux pour améliorer l'utilisation des nouveaux services.**

## 2.2 OBJECTIFS DU MEMOIRE

### 2.2.1 Objectif général

L'objectif principal est de mettre en place un algorithme permettant la planification efficace des itinéraires de déploiement de la fibre optique au Bénin

### 2.2.2 Objectifs spécifiques

La complexité due à l'accès physique du passage des câbles dans certaines zones difficile d'accès pour la fibre optique. Bien dimensionnée la pose des FAT afin d'optimiser l'itinéraire des câbles et éviter des déplacements tous azimuts de ces FAT. Fournir une notification et mettre à jour les données en cas de fin de déploiement et d'opération dans une zone

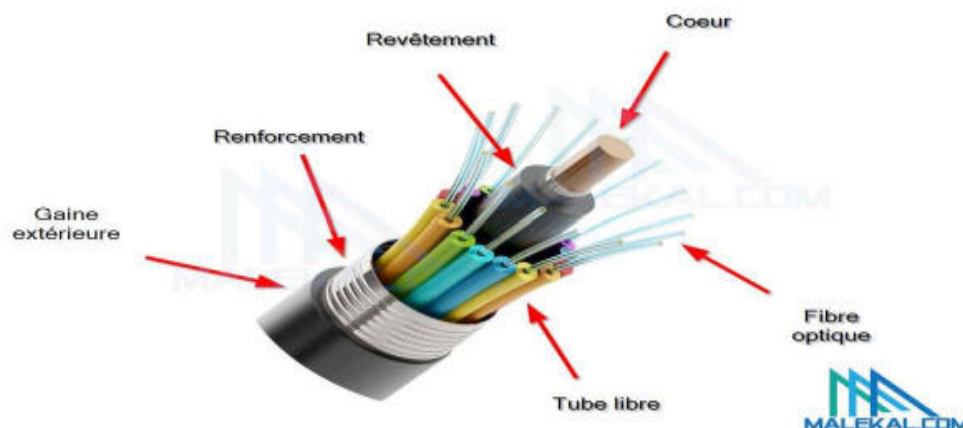
### 2.2.3 Hypothèses de travail

L'optimisation du déploiement de la fibre optique peut être grandement améliorée grâce à l'utilisation d'une interface visuelle intégrant des données SIG (Systèmes d'Information Géographique). En permettant une visualisation précise du terrain et des infrastructures existantes, cet outil facilite la planification des itinéraires de pose, ce qui permet de réduire les pertes de câble, les erreurs humaines et d'optimiser les ressources. Par conséquent, l'adoption d'une telle solution contribue non seulement à diminuer les coûts d'installation, mais également à raccourcir les délais d'exécution, tout en garantissant une meilleure efficacité dans la mise en œuvre du réseau.

### 2.2.4 Les réseaux à haut débit et la fibre optique

#### Définition

La fibre optique est un fil extrêmement fin, composé principalement de silice ou de plastique, qui permet de transmettre de la lumière sur de très longues distances. Elle constitue un support de transmission révolutionnaire, car au lieu de transporter un signal électrique (comme dans les câbles en cuivre), elle transporte un signal lumineux généré par un laser ou une LED. Ce signal lumineux contient les données numériques à transmettre.



**Figure 1 :** Structure d'un câble en fibre optique (âme, gaine, revêtement, protection mécanique)

### 2.2.5 Types de réseaux

- **FTTH (Fiber To The Home)** : la fibre va directement jusqu'à la maison de l'abonné, garantissant un très haut débit sans aucune interruption de support ;
- **FTTB (Fiber To The Building)** : la fibre arrive jusqu'à l'immeuble ou le bâtiment, puis un câblage interne (souvent en cuivre) distribue le signal aux appartements ;
- **FTTC (Fiber To The Curb)** : la fibre s'arrête au niveau d'une armoire de rue, puis le réseau cuivre prend le relais jusqu'à l'abonné ;
- **FTTN (Fiber To The Node)** : la fibre arrive jusqu'à un nœud central de distribution, situé à plusieurs centaines de mètres voire kilomètres de l'utilisateur final ;

### 2.2.6 Avantages de la fibre optique

- **Débit très élevé** : la fibre permet de dépasser les 1 Gbps en téléchargement et 300 Mbps en envoi, avec des solutions professionnelles allant jusqu'à 10 Gbps et au-delà.
- **Faible latence** : idéale pour le gaming, les appels vidéo, les objets connectés et les usages en temps réel.
- **Grande stabilité** : insensible aux perturbations électromagnétiques, contrairement au cuivre.
- **Longévité du support** : une installation bien réalisée peut rester fonctionnelle pendant des décennies sans être remplacée.
- **Sécurité des données** : les signaux lumineux sont très difficiles à intercepter, rendant les écoutes quasi impossibles.

## 2.3 TECHNOLOGIE DE LA FIBRE OPTIQUE

### 2.3.1 Principe de fonctionnement

La fibre optique est un fil en verre ou en plastique très fin, capable de transporter de la lumière sur de longues distances avec très peu de perte. Contrairement aux câbles traditionnels qui utilisent l'électricité pour transmettre l'information, la fibre optique repose sur un principe fondamental de la physique : la réflexion totale interne de la lumière.

#### 2.3.1.1 Structure physique de la fibre optique

Une fibre optique est composée de plusieurs couches superposées :

##### ❖ Le cœur (core)

Le **cœur** d'une fibre optique est la partie centrale de la fibre, constituée d'un matériau transparent (généralement du verre ou du plastique) à **indice de réfraction élevé**, dans lequel se propage la lumière. C'est à travers ce cœur que le **signal lumineux**, codé sous forme de données numériques, circule par le principe de la **réflexion totale interne**. Le diamètre du cœur varie selon le type de fibre : il est généralement de **9 microns** pour une fibre monomode et de **50 à 62,5 microns** pour une fibre multimode. La qualité, la pureté et le diamètre du cœur jouent un rôle essentiel dans la performance, la portée et le débit de la transmission optique.

##### ❖ La gaine optique (cladding)

La **gaine optique**, aussi appelée **gaine de revêtement** ou **cladding** en anglais, est la couche entourant le **cœur** d'une fibre optique. Elle est également composée de verre ou de plastique, mais avec un **indice de réfraction plus faible** que celui du cœur. Cette différence d'indice permet de maintenir le **signal lumineux** à l'intérieur du cœur grâce au phénomène de **réflexion totale interne**, assurant ainsi la propagation efficace de la lumière sur de longues distances. En plus de cette fonction optique, la

gaine contribue à **protéger le cœur** contre les pertes de signal dues à des perturbations extérieures.

#### ❖ **Le revêtement primaire (coating ou buffer)**

Le **revêtement primaire** est la première couche de protection appliquée autour de la **gaine optique** d'une fibre. Contrairement au cœur et à la gaine, qui sont en matériaux optiques (verre ou plastique), le revêtement primaire est généralement constitué d'un **matériau polymère souple**, comme l'acrylate. Son rôle principal est de **protéger mécaniquement** la fibre contre les micro courbures, les chocs, les tensions et autres agressions physiques pouvant endommager ou altérer la transmission du signal lumineux. Il n'a pas de fonction optique, mais il est essentiel pour **assurer la robustesse et la longévité** de la fibre optique lors de sa manipulation, son installation ou son utilisation sur le terrain.

#### ❖ **Le renfort (kevlar ou acier)**

Le **renfort** d'une fibre optique est une couche protectrice cruciale, généralement constituée de  **fils de Kevlar** ou parfois d'**acier**. Positionné autour du revêtement de la fibre, son rôle principal est de la protéger des contraintes mécaniques telles que la traction, la torsion ou l'écrasement. Le **Kevlar** est privilégié pour sa grande résistance à la traction, sa légèreté et sa flexibilité, ce qui le rend idéal pour de nombreuses applications. L'**acier**, quant à lui, est utilisé lorsqu'une protection accrue contre les chocs ou les rongeurs est nécessaire. Ce renfort est indispensable pour garantir la **durabilité** et la **fiabilité** des câbles à fibre optique, surtout durant l'installation et dans les environnements exigeants.

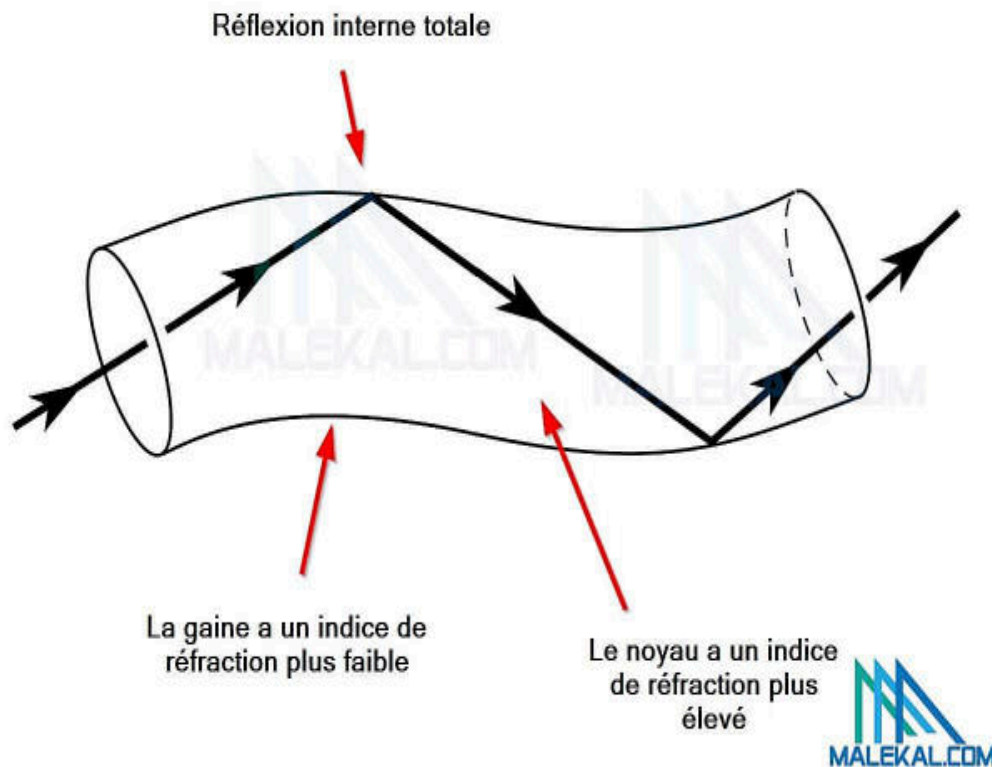
#### ❖ **La gaine extérieure**

La **gaine extérieure** est la dernière couche de protection d'un câble à fibre optique, agissant comme sa première ligne de défense. Elle assure une **protection mécanique** robuste contre l'abrasion, les chocs et l'écrasement, tout en protégeant la fibre des

éléments environnementaux comme l'humidité et les rayons UV. Le choix de son matériau (polyéthylène, PVC, LSZH) dépend de l'environnement d'installation, garantissant la **durabilité** et la **fiabilité** du câble, qu'il soit utilisé en intérieur ou en extérieur.

### 2.3.1.2 Transmission de la lumière dans la fibre

La transmission de la lumière dans une fibre optique repose sur l'émission de signaux lumineux par des diodes LASER ou LED, modulés pour représenter des données numériques (impulsion pour 1, absence pour 0). Grâce au phénomène de réflexion totale interne, la lumière reste confinée dans le cœur de la fibre, permettant une propagation sur de longues distances. Il existe deux types principaux de fibres : la fibre monomode (SMF), idéale pour les longues distances avec un seul mode de propagation, et la fibre multimode (MMF), adaptée aux courtes distances avec plusieurs modes. Le signal est encodé par diverses techniques, allant du simple NRZ à des modulations avancées (DPSK, QAM, OFDM), avec possibilité de multiplexage en longueur d'onde (WDM) pour augmenter la capacité. Malgré ses performances, la fibre subit des pertes dues à l'absorption, la diffusion, les courbures et les raccordements, mesurées en dB/km. Pour compenser l'atténuation sur de très longues distances, on utilise des amplificateurs optiques (comme les EDFA) ou des répéteurs opto-électroniques.



**Figure 2** : Principe de réflexion totale interne dans une fibre

### 2.3.1.3 Applications de la Fibre Optique dans les Réseaux

La fibre optique est une technologie essentielle qui s'intègre à différents niveaux des réseaux de communication modernes :

- **Backbone** (cœur de réseau) : C'est l'épine dorsale des réseaux. La fibre optique y est utilisée pour transporter de vastes quantités de données sur de longues distances, reliant les principaux nœuds et centres de données.
- **FTTH** (Fiber To The Home) : Ce terme désigne le déploiement de la fibre optique directement jusqu'au domicile de l'utilisateur final, offrant des vitesses de connexion internet très élevées pour les particuliers.

- **FTTO / FTTC** (Fiber To The Office / Fiber To The Curb) : Ces solutions s'adressent principalement aux entreprises. Le FTTO amène la fibre directement au bureau, tandis que le FTTC la déploie jusqu'à un point proche du client (par exemple, une armoire de rue), avec le dernier tronçon souvent en cuivre.
- **Réseaux métropolitains et intercontinentaux** : La fibre optique est le médium privilégié pour les réseaux à l'échelle d'une ville (métropolitains) et pour les câbles sous-marins qui relient les continents, permettant une communication mondiale rapide et fiable.

Les signaux qui circulent sur ces fibres peuvent être de différentes natures :

- **Numériques** : Cela inclut la grande majorité des communications modernes, comme les données Internet et la voix sur IP (VoIP).
- **Analogiques** : Bien que moins courant aujourd'hui, certains services comme la vidéosurveillance ou la télévision peuvent encore utiliser des signaux analogiques sur fibre optique.
- **Multiplexés (WDM, CWDM, DWDM)** : Des technologies avancées comme le Multiplexage en Longueur d'Onde (WDM), le Coarse WDM (CWDM) et le Dense WDM (DWDM) permettent de transmettre simultanément plusieurs signaux lumineux de longueurs d'onde différentes sur une seule fibre. Cela maximise la capacité de transmission d'un câble, augmentant considérablement le débit disponible.

#### 2.3.1.4 Avantages du transport optique

Le transport optique, via la fibre optique, présente des avantages majeurs qui en font la technologie de choix pour les communications modernes :

- **Très haut débit** : La fibre optique peut transporter des volumes massifs de données, atteignant **plusieurs térabits par seconde**. Cela permet des connexions ultra-rapides, essentielles pour l'internet, la vidéo 4K/8K et les applications exigeantes en bande passante.
- **Très faible atténuation** : Contrairement aux câbles en cuivre, la fibre optique subit une **très faible perte de signal** sur de longues distances. Cela signifie que les données peuvent être transmises sur des centaines, voire des milliers de kilomètres sans nécessiter de répéteurs fréquents, ce qui simplifie l'infrastructure et réduit les coûts.
- **Immunité aux interférences électromagnétiques** : Étant donné que la fibre optique utilise des signaux lumineux et non électriques, elle est **totalelement insensible aux interférences électromagnétiques** (EMI) ou aux parasites radiofréquences (RFI). Cela garantit une transmission de données stable et fiable, même dans des environnements électriquement bruyants.
- **Sécurité des données accrue** : La nature physique de la transmission par fibre optique rend l'interception des données beaucoup plus difficile. Toute tentative de "tapotement" sur la ligne perturberait le signal lumineux, ce qui serait immédiatement détecté. Cela offre une **sécurité des données supérieure** par rapport aux câbles en cuivre.
- **Taille et poids réduits** : Les fibres optiques sont incroyablement  **fines et légères**. Un seul brin de fibre est plus fin qu'un cheveu humain, permettant aux câbles de fibre optique d'être beaucoup plus petits et légers que leurs

équivalents en cuivre, ce qui facilite leur installation et leur transport, surtout pour les déploiements denses.

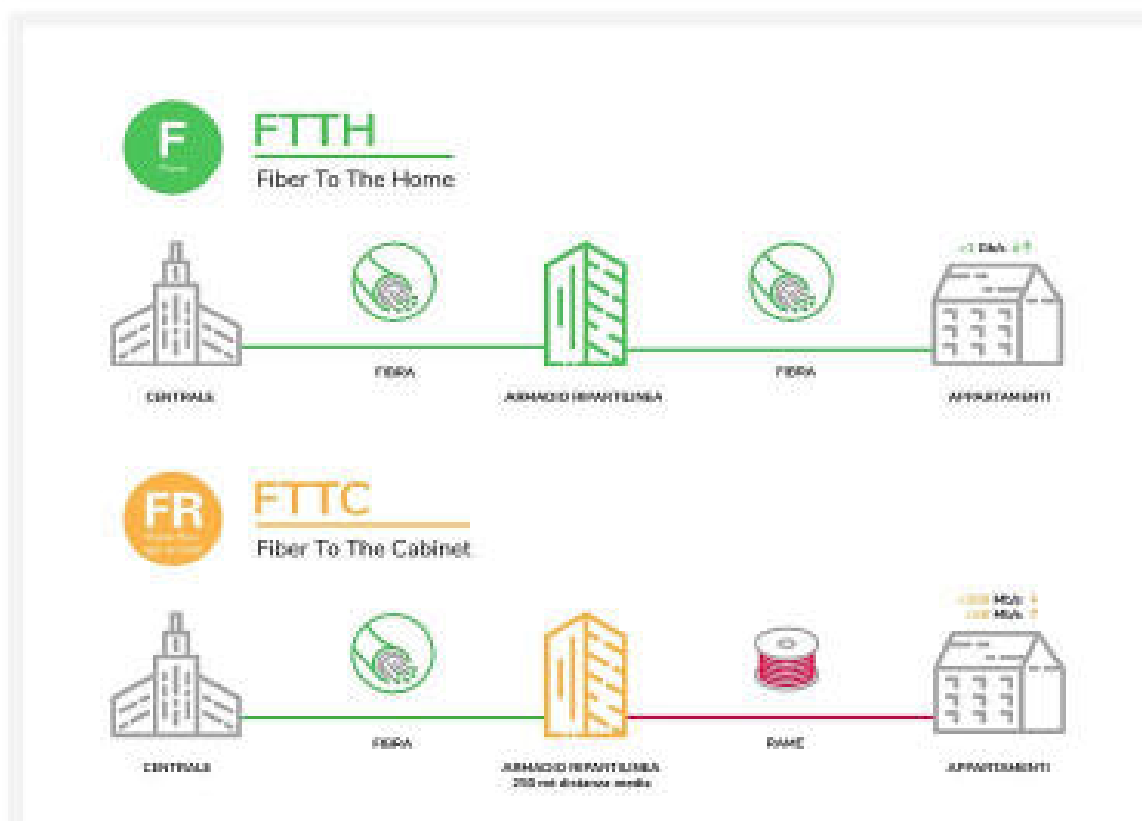
### 2.3.2 Composants d'un réseau en fibre optique

**OLT (Optical Line Terminal) :** se trouve chez l'opérateur, point de départ du réseau optique.

**Splitters optiques :** dispositifs passifs qui divisent le signal optique pour desservir plusieurs abonnés.

**PBO (Point de Branchement Optique) :** boîtier situé sur le domaine public qui permet de raccorder la fibre d'un abonné.

**PTO (Prise Terminale Optique) :** située dans le logement de l'abonné, c'est le point de terminaison du réseau optique.



**Figure 3 :** Architecture d'un réseau FTTH et FTTC complet avec tous les composants

### 2.3.3 Méthodes de raccordement et d'épissurage

Le raccordement des fibres peut être réalisé de deux façons principales :

- Le raccordement mécanique consiste à connecter deux fibres à l'aide d'un connecteur optique prépolishé. Cette méthode est rapide et peu coûteuse, mais elle engendre généralement des pertes optiques plus importantes, et sa durabilité est limitée.
- L'épissurage par fusion, en revanche, consiste à souder les extrémités de deux fibres optiques à l'aide d'une machine à souder spécifique. Les fibres sont alignées précisément, puis fondues ensemble grâce à une décharge électrique. Cette technique garantit une très faible perte d'insertion et une grande fiabilité dans le temps.

L'épissurage est la méthode privilégiée dans les réseaux FTTH, notamment dans les armoires de rue ou les chambres de tirage.

## 2.4 MÉTHODES DE DÉPLOIEMENT DE LA FIBRE OPTIQUE

### 2.4.1 Déploiement aérien

Le déploiement aérien est une méthode de mise en œuvre de la fibre optique consistant à faire cheminer les câbles le long de supports aériens, généralement sur des poteaux existants ou installés pour l'occasion. Cette technique est très utilisée dans les zones rurales ou peu denses en raison de son coût réduit, de sa rapidité d'exécution et de la simplicité de maintenance.



**Figure 4** : Câble en fibre suspendu sur poteaux électriques

#### 2.4.1.1 Étapes du déploiement aérien

- **Étude de terrain et relevés techniques**
  - Avant toute chose, une étude technique est menée pour :
  - Identifier l'itinéraire optimal.
  - Localiser les poteaux disponibles (poteaux électriques ou téléphoniques).
  - Vérifier leur état mécanique (corrosion, fissure, inclinaison).
  - Déterminer les besoins en remplacement ou en ajout de poteaux.

- Des techniciens effectuent des relevés topographiques et prennent des mesures précises, souvent à l'aide de logiciels SIG (Système d'Information Géographique) pour planifier le tracé avec précision.

➤ **Demande d'autorisations**

L'opérateur doit obtenir les droits d'usage des poteaux (s'ils appartiennent à un fournisseur d'électricité, à la mairie ou à une société tierce) et parfois des autorisations d'urbanisme auprès des autorités locales.

➤ **Calcul de la charge et implantation des supports**

Des calculs mécaniques sont effectués pour :

- Vérifier que les poteaux supportent le poids du câble (charge admissible).
- Déterminer les points de fixation.
- Prévoir les distances entre poteaux (souvent 30 à 50 mètres).

Si les poteaux sont endommagés, ils sont remplacés par des poteaux neufs, en bois, béton ou composite selon la région.

➤ **Installation des armements et fixations**

Sur les poteaux, on installe les armements aériens tels que des brides, crochets, équerres métalliques, gaine protectrice si besoin (surtout en zones forestières), etc. On effectue également des fixations anti-traction pour éviter les tensions excessives sur le câble.

➤ **Déroulage du câble fibre optique**

Le câble est déroulé d'un touret (bobine géante) en étant suspendu au fil de fer ou sur les armements installés. Le déploiement peut être :

**Manuel** : avec nacelle ou échelle.

**Automatisé** : avec une remorque motorisée.

Les câbles sont posés avec une flèche contrôlée (courbure) pour respecter les normes de tension et éviter l'endommagement.

➤ **Pose de boîtiers de branchement (PBO)**

À certains poteaux stratégiques, on installe des PBO (Point de Branchement Optique). Ces boîtiers permettent de raccorder plusieurs abonnés via des câbles de branchement (drop câble). Ils sont étanches, résistants (UV et intempéries) et accessibles pour les techniciens lors d'interventions.

➤ **Soudure ou raccordement**

Les câbles fibre sont raccordés entre eux via des épissures par fusion (avec soudeuse optique dans un coffret suspendu) ou par connecteurs mécaniques dans certains cas. Les jonctions sont testées à l'aide d'un réflectomètre OTDR, qui analyse la qualité du lien et repère d'éventuelles pertes ou ruptures.

➤ **Tests et recette du réseau**

Des tests finaux sont réalisés :

- Mesure de l'atténuation (en dB/km).
- Contrôle visuel de la pose.
- Certification des performances.

Ces tests valident que le réseau est conforme aux normes ISO/IEC et ITU-T.

#### **2.4.1.2 Avantages et inconvénients du déploiement aérien**

**A. Avantages :**

- Coût très faible comparé à l'enfouissement ;
- Mise en œuvre rapide ;
- Maintenance facile (accès direct).

**B. Inconvénients :**

- Vulnérabilité aux aléas climatiques ;

- Moins esthétique ;
- Moins durable dans les régions venteuses ou à forte végétation ;

## 2.4.2 Déploiement souterrain

Le déploiement souterrain consiste à faire passer les câbles optiques dans des conduits enterrés sous terre. C'est la méthode la plus répandue dans les zones urbaines et périurbaines à forte densité de population, notamment pour préserver l'esthétique et protéger le réseau des intempéries.

### 2.4.2.1 Étapes du déploiement souterrain

#### ➤ Étude de sol et repérage des réseaux existants

Une analyse géotechnique du sol est effectuée pour :

Déterminer la nature du terrain (rocheux, meuble, sablonneux, etc.).

Repérer les réseaux déjà présents (eau, gaz, électricité).

Éviter les croisements ou interférences.

On utilise souvent des plans cadastraux, des détecteurs de câbles, et des outils de cartographie (SIG).

#### ➤ Obtention des autorisations administratives

Le déploiement implique des permis de voirie, des dérogations et des autorisations temporaires d'occupation du domaine public. Ces démarches peuvent durer plusieurs semaines.

#### ➤ Ouverture de tranchées

Deux méthodes principales sont utilisées :

**Tranchée traditionnelle** : ouverture sur 40 à 80 cm de profondeur, 10 à 40 cm de largeur.

**Micro-tranchée** : découpe de 3 à 10 cm de largeur et 20 à 30 cm de profondeur, souvent à la scie diamantée.

Le creusement est fait à l'aide de tractopelles, découpeuses à disque, ou aspiratrices-excavatrices.

➤ **Pose des gaines et fourreaux**

Une fois la tranchée ouverte, un lit de sable est d'abord déposé au fond afin de protéger les gaines contre les frottements et les dommages mécaniques. Ensuite, on installe les fourreaux en PEHD (polyéthylène haute densité), qui serviront de conduits pour le tirage ultérieur des câbles à fibre optique. Un grillage avertisseur est ensuite posé au-dessus des fourreaux pour signaler la présence de réseaux enterrés lors de futurs travaux. La tranchée est ensuite remblayée avec du sable, puis compactée pour assurer la stabilité de l'installation. Ce procédé garantit une mise en œuvre sécurisée et durable de l'infrastructure fibre.

➤ **Tirage ou soufflage de la fibre**

Deux méthodes sont possibles :

**Tirage mécanique** : un câble est tiré manuellement ou à l'aide d'un treuil à l'intérieur de la gaine.

**Soufflage** : une machine injecte de l'air sous pression pour faire glisser la fibre dans la gaine. Cette technique est rapide et limite le risque de casse.

Le soufflage est préféré sur les longues distances et les conduites sinueuses.

➤ **Installation des chambres de tirage et regards**

À intervalles réguliers (tous les 100 à 300 mètres), on installe :

- Des chambres de tirage (en béton ou plastique renforcé).
- Des regards de visite pour les interventions techniques.

- Ces points permettent de changer de direction, de tirer de nouveaux câbles ou de faire les raccordements.

➤ **Raccordement des fibres**

Les câbles sont raccordés dans des boîtiers d'épissurage souterrains, installés dans les chambres. L'épissurage par fusion est réalisé à l'abri dans un véhicule technique. Des cartes de raccordement précises sont tenues à jour.

➤ **Tests, mesures et certification**

Une fois les fibres optiques raccordées, des tests OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) sont effectués afin de vérifier la continuité de la liaison et la qualité du signal optique. Ces tests permettent de mesurer des paramètres essentiels tels que l'atténuation, la réflexion et la dispersion, qui influencent directement la performance du réseau. Les résultats sont ensuite compilés dans des rapports de recette, servant à valider la conformité de l'installation aux normes techniques et à garantir son bon fonctionnement.

#### **2.4.2.2 Avantages et inconvénients du déploiement souterrain**

**a) Avantages :**

- Protection contre les aléas climatiques ;
- Meilleure durabilité du réseau ;
- Aucune pollution visuelle (esthétique) ;
- Réduction du vandalisme ;

**b) Inconvénients :**

- Coûts élevés ;
- Travaux longs et contraignants ;
- Maintenance plus complexe ;
- Nécessite des autorisations strictes ;

### 2.4.3 CARTOGRAPHIE ET OUTILS SIG DANS LE DÉPLOIEMENT

La planification du déploiement de la fibre optique repose fondamentalement sur une cartographie précise du territoire. C'est là que les Systèmes d'Information Géographique (SIG) entrent en jeu, offrant une capacité de visualisation en temps réel des éléments clés comme les routes, les bâtiments, les obstacles naturels (rivières, forêts, montagnes), les poteaux existants, et les chambres de tirage (regards).

#### 2.4.3.1 Avantages liés à l'utilisation des SIG dans le déploiement de la fibre optique :

Les outils SIG apportent de nombreux avantages dans ce processus :

- **Optimisation des trajets :** Ils permettent de déterminer les chemins les plus efficaces et les moins coûteux pour le passage des câbles.
- **Estimation précise :** Grâce aux données géospatiales, il est possible d'estimer avec exactitude les distances à couvrir et, par conséquent, les quantités de matériel nécessaires (câbles, connecteurs, etc.).
- **Évitement des zones complexes :** Les SIG aident à identifier et à contourner les zones sensibles ou difficiles, comme les zones inondables, les massifs montagneux ou les forêts denses, ce qui réduit les risques et les coûts supplémentaires.
- **Gestion des infrastructures existantes :** Ils permettent d'intégrer et de gérer les infrastructures de réseau déjà en place, facilitant les extensions et les mises à niveau.
- **Suivi en temps réel :** Les SIG offrent une vision dynamique de l'avancement du projet de déploiement, permettant un suivi efficace et une meilleure coordination des équipes sur le terrain.

Parmi les logiciels SIG couramment utilisés pour ces applications, on retrouve :

- **QGIS** : Une solution **gratuite et open source**, très populaire et puissante.
- **ArcGIS** : Une **suite professionnelle** reconnue pour ses fonctionnalités avancées et sa robustesse.
- **Google Earth Pro** : Un outil plus accessible qui peut être utilisé pour la visualisation et la planification préliminaire.

#### **2.4.3.2 Inconvénients liés à l'utilisation des SIG dans le déploiement de la fibre optique :**

Bien que les SIG soient des outils extrêmement puissants, leur utilisation dans le déploiement de la fibre optique présente quelques inconvénients :

- **Coût initial élevé** : Les licences pour les logiciels SIG professionnels (comme ArcGIS) peuvent être très coûteuses. De plus, l'acquisition de données géospatiales de haute précision (imagerie satellite, levés topographiques) représente également un investissement significatif.
- **Complexité et expertise requise** : L'apprentissage et la maîtrise des logiciels SIG nécessitent une formation spécifique et une expertise. Les utilisateurs doivent comprendre les principes de la géomatique, la manipulation des données et l'analyse spatiale.
- **Qualité et disponibilité des données** : La précision des analyses SIG dépend directement de la qualité et de la mise à jour des données cartographiques. Dans certaines régions, les données géospatiales peuvent être obsolètes, incomplètes ou inexistantes, ce qui peut fausser la planification.
- **Maintenance et mise à jour des données** : Les infrastructures évoluent constamment. Maintenir à jour les bases de données SIG pour refléter les nouvelles constructions, les modifications de voirie ou les ajouts

d'infrastructures souterraines est un processus continu et gourmand en ressources.

- **Intégration avec d'autres systèmes** : L'intégration des données SIG avec d'autres systèmes de gestion de projet, de facturation ou de maintenance peut être complexe et nécessiter des développements spécifiques.
- **Dépendance à la connectivité (pour les données en ligne)** : Pour les outils SIG qui s'appuient sur des services de cartographie en ligne ou des bases de données distantes, une connexion internet fiable est indispensable.

L'intégration des SIG est donc cruciale pour un déploiement de fibre optique **efficient, économique et bien géré**, mais elle doit être abordée en tenant compte de ces défis pour maximiser son efficacité.

## **CHAPITRE 3 : ANALYSE ET CONCEPTION DU SYSTEME**

## **3.1 BESOINS FONCTIONNELS ET NON FONCTIONNELS**

### **3.1.1 Besoins fonctionnels**

Les besoins fonctionnels décrivent les fonctionnalités principales que l'application doit offrir :

#### **Planification des itinéraires**

- Calcul automatique du trajet optimal entre deux points GPS.
- Prise en compte des contraintes techniques (distance entre poteaux, marge de câble, etc.).
- Proposition d'itinéraires alternatifs.

#### **Gestion des infrastructures**

- Intégration d'une base de données des poteaux existants.
- Visualisation des poteaux utilisés et disponibles.
- Calcul des distances entre poteaux et ajustement selon les contraintes techniques.

#### **Visualisation cartographique**

- Affichage des itinéraires sur une carte interactive (Folium/OpenStreetMap).
- Marqueurs pour les points de départ, d'arrivée et les poteaux.
- Différenciation entre itinéraires principaux et alternatifs.

#### **Paramétrage du déploiement**

- Choix du mode de déploiement (aérien ou FAT).
- Configuration des longueurs de câble disponibles.
- Calcul automatique des emplacements des FAT (Points de Distribution Optique).

## **Export et partage**

- Génération de rapports détaillés sur l'itinéraire (distances, nombre de poteaux, etc.).
- Export de la carte au format HTML ou image.

### **3.1.2 Besoins non fonctionnels**

Les besoins non fonctionnels concernent les aspects techniques et qualitatifs :

#### **Performance**

- Temps de calcul rapide pour les itinéraires (optimisation des algorithmes) ;
- Gestion fluide des cartes avec un grand nombre de points ;

#### **Sécurité**

- Protection des données sensibles (coordonnées GPS, infrastructures) ;
- Authentification des utilisateurs (si l'application est déployée en ligne) ;
- Prévention des injections SQL (si une base de données est utilisée) ;

#### **Expérience Utilisateur (UX)**

- Interface intuitive avec TKinter.
- Affichage clair des informations techniques.
- Gestion des erreurs (messages d'alerte en cas de saisie incorrecte).

#### **Maintenabilité**

- Code modulaire et bien documenté.
- Utilisation de bibliothèques stables (Folium, Geopy, Shapely).

### **3.1.3 Besoins en Sécurité**

La sécurité est cruciale, surtout si l'application est amenée à être utilisée en production :

### Protection des données :

- Chiffrement des fichiers de configuration contenant des coordonnées sensibles.
- Limitation des accès aux données critiques.

### Sécurité des APIs :

Si l'application utilise des API externes (Google Maps, OpenStreetMap), il faut s'assurer que les requêtes sont sécurisées (HTTPS).

### Gestion des erreurs :

- Empêchement des crashes en cas de saisie incorrecte (validation des entrées utilisateur).
- Authentification (si multi-utilisateurs) :
- Système de login/mot de passe.
- Gestion des rôles (administrateur, technicien, etc.).

## 3.2 Méthodologie

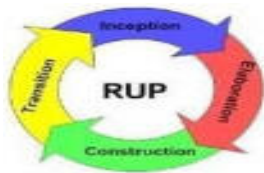
Il existe une multitude d'outils d'analyse et de conception pour les systèmes d'information, incluant des méthodes comme **RACINES**, **Merise**, **3AR**, **MMTS**, **MASE**, **OMT**, **Booch**, **OOSE**, **SADT**, **SART**, **OOD**, **COMODE**, **MDA**, **EDOC**, **BPEL**, et bien d'autres.

### a. La méthode MERISE et la méthode UP



**Merise** (Méthode d'Étude et de Réalisation par Sous Ensemble) et **UP** (Unified Process) sont toutes deux des méthodologies de développement logiciel, mais elles se distinguent par leur champ d'application et leur approche. **MERISE**, apparue entre 1978 et 1979 suite à une initiative du ministère français de l'Industrie, est une méthode de conception et de réalisation des systèmes d'information. Elle adopte une vision globale de l'entreprise,

visant à intégrer le système informatisé de gestion à une réorganisation de l'entreprise elle-même. Merise se caractérise par la **séparation des données et des traitements** et une approche par niveaux. C'est avant tout une méthode d'analyse et de conception de systèmes d'information, axée sur la modélisation et la structuration des données et des traitements. Elle progresse à travers des étapes clés telles que l'analyse des besoins, la conception conceptuelle, la conception détaillée et la mise en œuvre. Ses concepts fondamentaux incluent les **entités, les relations, les processus et les flux**, utilisés pour organiser les informations et les processus au sein du système.



UP, également connu sous le nom de **Rational Unified Process (RUP)**, est un processus de développement logiciel **itératif et incrémental**. Il se distingue de Merise en guidant le **développement complet** d'un système logiciel, de la planification à la maintenance. UP met un accent particulier sur la **gestion des besoins et des risques** tout au long du projet, l'adaptabilité aux changements, et l'utilisation de cycles de développement itératifs pour améliorer continuellement la qualité du logiciel.

## b. Le Langage UML



Le **Langage de Modélisation Unifié**, ou **Unified Modeling Language (UML)**, est un langage de modélisation graphique standardisé. Basé sur des pictogrammes, il vise à fournir une méthode claire et normalisée de visualisation pour le développement logiciel, en particulier dans la **conception orientée objet**. UML est constitué d'un ensemble de **diagrammes** que les développeurs informatiques utilisent pour représenter visuellement les objets, les états et les processus au sein d'un logiciel ou d'un système. Il intéresse également fortement les spécialistes de l'ingénierie système. UML unifie les notations

nécessaires aux différentes activités d'un processus de développement, permettant ainsi un suivi cohérent des décisions, de la spécification au codage. Dans ce cadre, un concept issu des besoins des utilisateurs se reflète à travers le modèle de conception et le code. La modélisation avec UML est principalement **graphique**, utilisant divers types de diagrammes spécifiques, répartis en deux groupes les diagrammes structurels, diagrammes comportementaux.

### **3.3 CHOIX DE LA METHODE**

Les applications desktop impliquent également de nombreux acteurs et leur complexité résulte des multiples aspects à considérer lors de leur développement. L'approche par les modèles permet de structurer et clarifier ces aspects, qui sont souvent négligés malgré leur importance dans l'évolution et la maintenance du système final. Ainsi, nous avons choisi d'utiliser UML (Unified Modeling Language) en raison de ses nombreux avantages en matière de modélisation, de son caractère universel, et de sa capacité à représenter efficacement les concepts orientés objet qui sont au cœur du développement d'applications desktop.

### **3.4 Modélisation UML**

#### **3.4.1 Diagramme de cas d'utilisation**

Le diagramme de cas d'utilisation est un outil de modélisation issu du langage UML (Unified Modeling Language). Il permet de représenter les interactions entre les acteurs (utilisateurs ou systèmes externes) et les fonctionnalités d'un système sous forme de scénarios appelés « cas d'utilisation ». Son utilisation dans ce mémoire se justifie par sa capacité à capturer de manière simple, intuitive et visuelle les exigences fonctionnelles du système de suivi post-intervention en nutrition communautaire. En identifiant clairement les rôles des différents acteurs impliqués ainsi que les services attendus du système, ce diagramme facilite une compréhension globale du fonctionnement envisagé. Il constitue également un support de

communication efficace entre les parties prenantes du projet et sert de base solide à la conception technique et à la planification du développement.

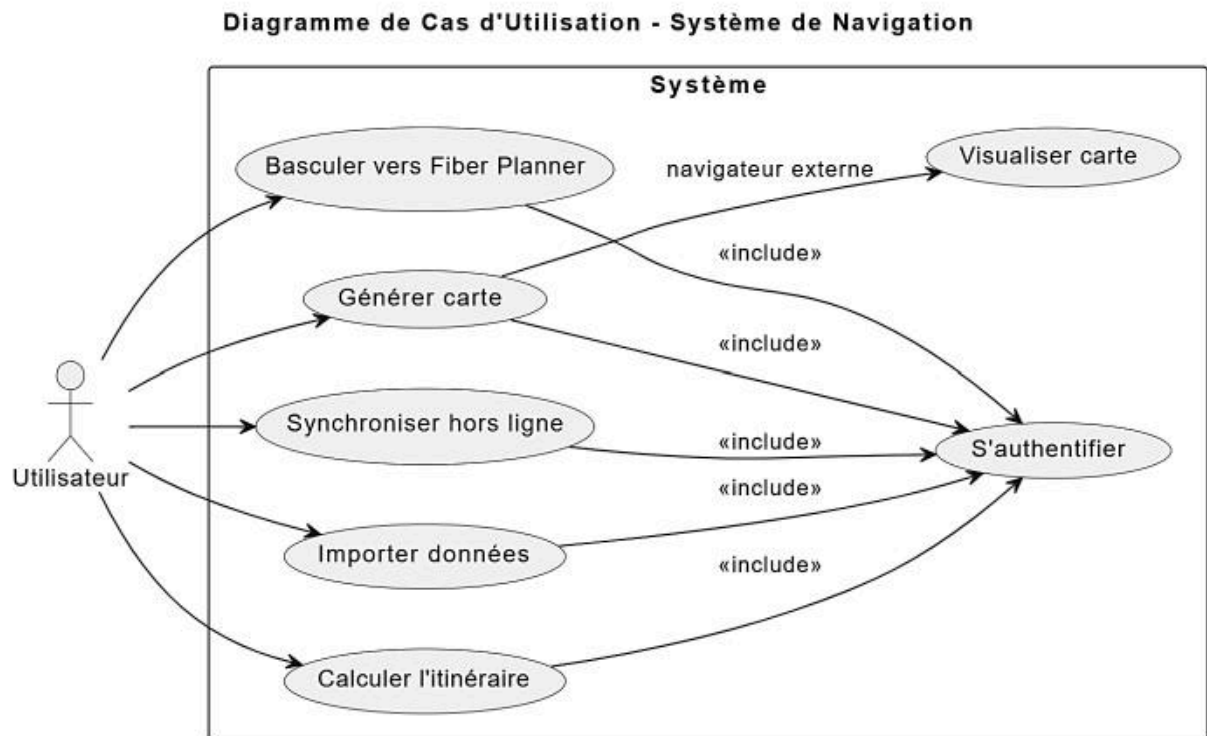
**Tableau 1** : Identification des acteurs et des cas d'utilisation

<b>Diagramme</b>	<b>Acteur/Composant</b>	<b>Rôle/Responsabilité</b>	<b>Interactions</b>
<b>Systems Plan/Planar</b>	Utilisateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se connecte au système</li> <li>- Crée/gère des projets</li> <li>- Consulte les projets existants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilise l'interface pour accéder aux fonctionnalités</li> <li>- Sauvegarde les projets</li> </ul>
	Projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stocke les données du projet (nom, tâches, permissions)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sauvegardé avec une enquête PQST</li> <li>- Peut être étendu ("envergager")</li> </ul>
	Base de Données	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stocke les projets existants et les activités futures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentée via "Affondre la base"</li> </ul>
<b>Système Cartographique</b>	Utilisateur Authentifié	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualise des cartes</li> <li>- Calcule des itinéraires</li> <li>- Importe des données SIG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interagit avec l'interface cartographique</li> <li>- Bascule vers Fiber Planner</li> </ul>
	Folium	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Génère des cartes interactives en HTML</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisé par le système pour afficher les données géographiques</li> </ul>

	Données Géographiques	- Contient les informations spatiales (routes, poteaux, etc.)	- Importées via SIG ou synchronisées hors-ligne
	Fiber Planner	- Mode dédié à la planification des réseaux fibre optique	- Accessible via basculement depuis le système cartographique

• **DIAGRAMME DES CAS D'UTILISATION**

Les cas d'utilisation permettent de structurer les besoins fonctionnels du système en se basant sur les attentes et les objectifs réels des utilisateurs. Ils constituent une méthode centrée sur l'utilisateur, en mettant l'accent sur ses interactions avec le système plutôt que sur les aspects techniques internes. Chaque cas d'utilisation représente une fonctionnalité attendue, motivée par un besoin précis. Dans le cadre de notre étude, les cas d'utilisation identifiés traduisent les principales actions que les différents acteurs (conducteurs, passagers et administrateur) peuvent effectuer sur la plateforme. Le diagramme de cas d'utilisation ci-dessous illustre les relations entre ces acteurs et les fonctionnalités offertes par le système :



**Figure 5** : Diagramme de cas d'utilisation Systems Plan/Planar

- **Description des Diagrammes : Système de Planification et Système Cartographique**

Ces deux diagrammes présentent des aspects complémentaires d'un système dédié à la gestion de projets et à la cartographie, probablement dans le contexte des infrastructures réseaux (comme la fibre optique).

1. Systems Plan/Planar : Décrit les fonctionnalités liées à la création, gestion et sauvegarde de projets techniques.
2. Système Cartographique : Focus sur les outils de visualisation et calculs géographiques, avec intégration de données SIG (Système d'Information Géographique).

## Description Détaillée du Diagramme 1 : Systems Plan/Planar

### Fonctionnalités Principales

#### 1. Accès et Visualisation :

- Accéder à l'intérieur : Authentification nécessaire pour visualiser/modifier les projets.

- Visualiser les projets existants : Consultation des projets enregistrés.

- Affondre la base des projets : Mise à jour ou consolidation de la base de données.

#### 2. Authentification :

- Via Fonner email + mot de passe (informations disponibles sur

#### 3. Gestion de Projet :

- Lance :

- Création d'un nouveau projet (Créer un nouveau projet).

- Inhalation (probablement "initialisation") : Paramétrage initial.

- Envergager le projet (probablement "élargir" ou "étendre") : Ajout de composants.

- Dénier un nouveau projet (probablement "définir") :

- Donner facturer de planification : Planification des tâches et permissions.

#### 4. Activités Futures :

- Affondre la base Futur : Définition d'activités à venir avec résolution des conflits (ex: résistance d'autres membres).

#### 5. Sauvegarde :

- Sauvegarder le projet : Envoi d'une enquête PQST (probablement un formulaire qualité) avec confirmation.

### Termes à Clarifier

- Inhalation / Envergager / Affondre : Termes potentiellement mal orthographiés (ex: "initialiser", "étendre", "alimenter la base").

- PQST : Possiblement un acronyme pour un processus qualité (ex: "Plan-Qualité-Sécurité-Temps").

## Description Détaillée du Diagramme 2 : Système Cartographique

### Fonctionnalités Principales

#### 1. Authentification et Navigation :

- Se connecter : Accès sécurisé au système.
- Basculer vers Fiber Planner : Passage à un mode dédié à la planification fibre optique.

#### 2. Outils Cartographiques :

- Calculer un itinéraire : Optimisation de trajets basée sur des coordonnées.
- Visualiser la carte : Affichage interactif des données géographiques.
- Importer des données SIG : Intégration de couches cartographiques externes.
- Synchronisation mobile hors-ligne : Accès aux cartes sans connexion internet.

#### 3. Génération de Cartes :

- Utilise la librairie Folium (Python) pour créer des cartes HTML interactives.
- S'appuie sur des données géographiques (ex: routes, poteaux) pour alimenter les visualisations.

### Relations

- Système Cartographique → Fiber Planner : Liaison pour des besoins spécifiques (ex: déploiement de fibre).
- Folium : Outil central pour la génération de cartes dynamiques.

### Synthèse et Comparaison

#### - Systems Plan/Planar :

- Centré sur la gestion de projets (création, sauvegarde, collaboration).
- Terminologie à vérifier pour clarifier les actions (ex: "inhalation", "affondre").

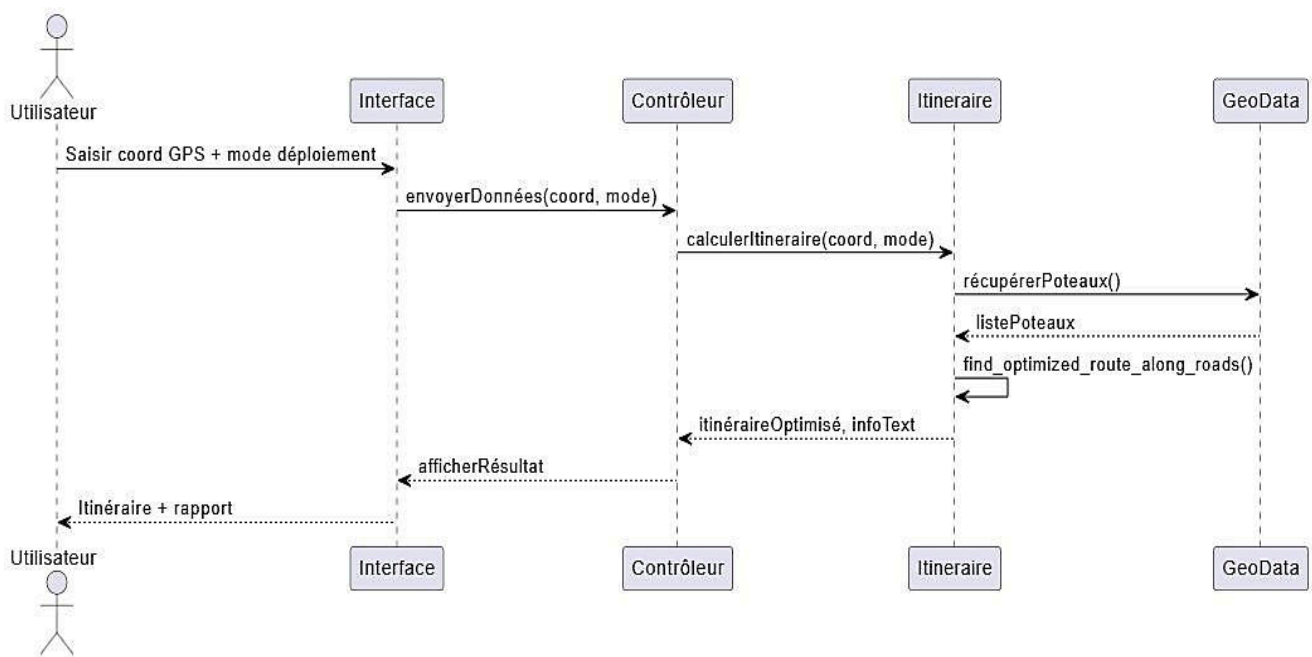
#### - Système Cartographique :

- Axé sur la manipulation de données géospatiales (visualisation, calculs, imports SIG).
- Intègre des outils techniques (Folium, synchronisation hors-ligne).

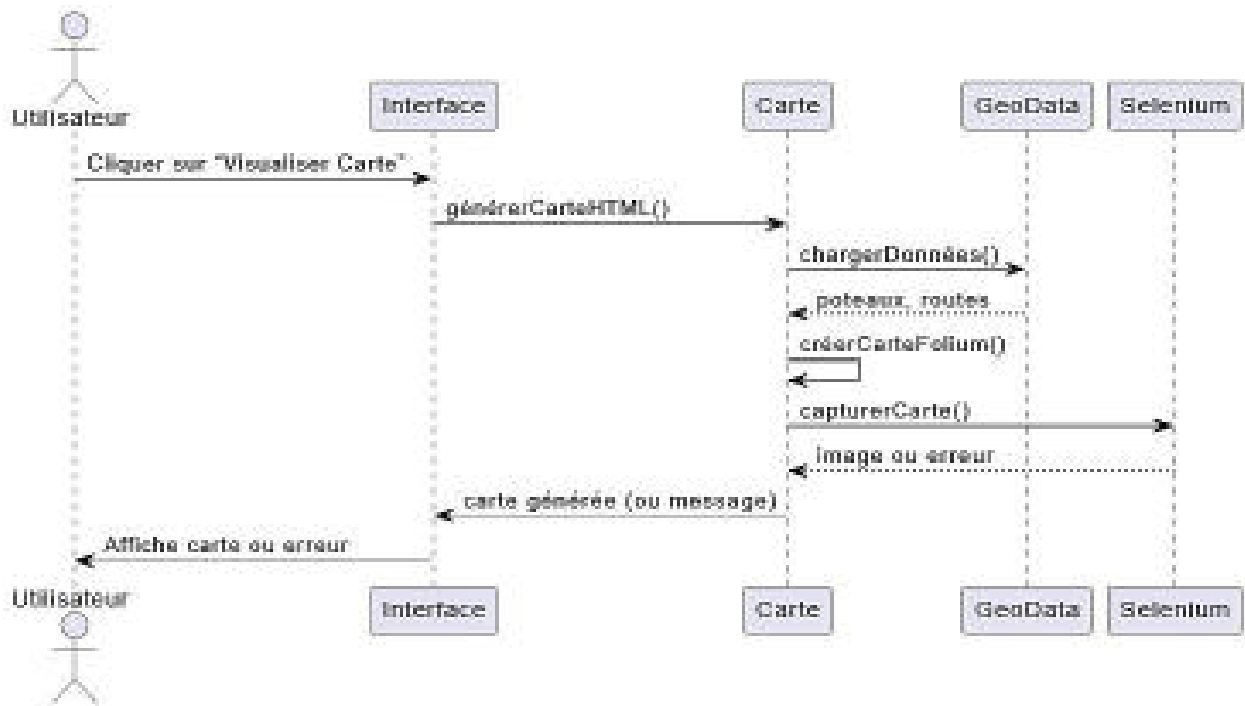
Point commun : Les deux systèmes semblent interconnectés, avec une possible intégration entre la planification de projets et la cartographie (ex: utiliser les cartes pour définir des infrastructures).

## • DIAGRAMME DE SEQUENCE

Le diagramme de séquence est en effet une représentation intuitive et chronologique des interactions entre les différentes entités (ou objets) d'un système. Utilisé dans le cadre de la modélisation UML (Unified Modeling Language), il permet de visualiser la façon dont les messages sont échangés entre les acteurs et les composants du système au fil du temps, dans le cadre d'un scénario donné.



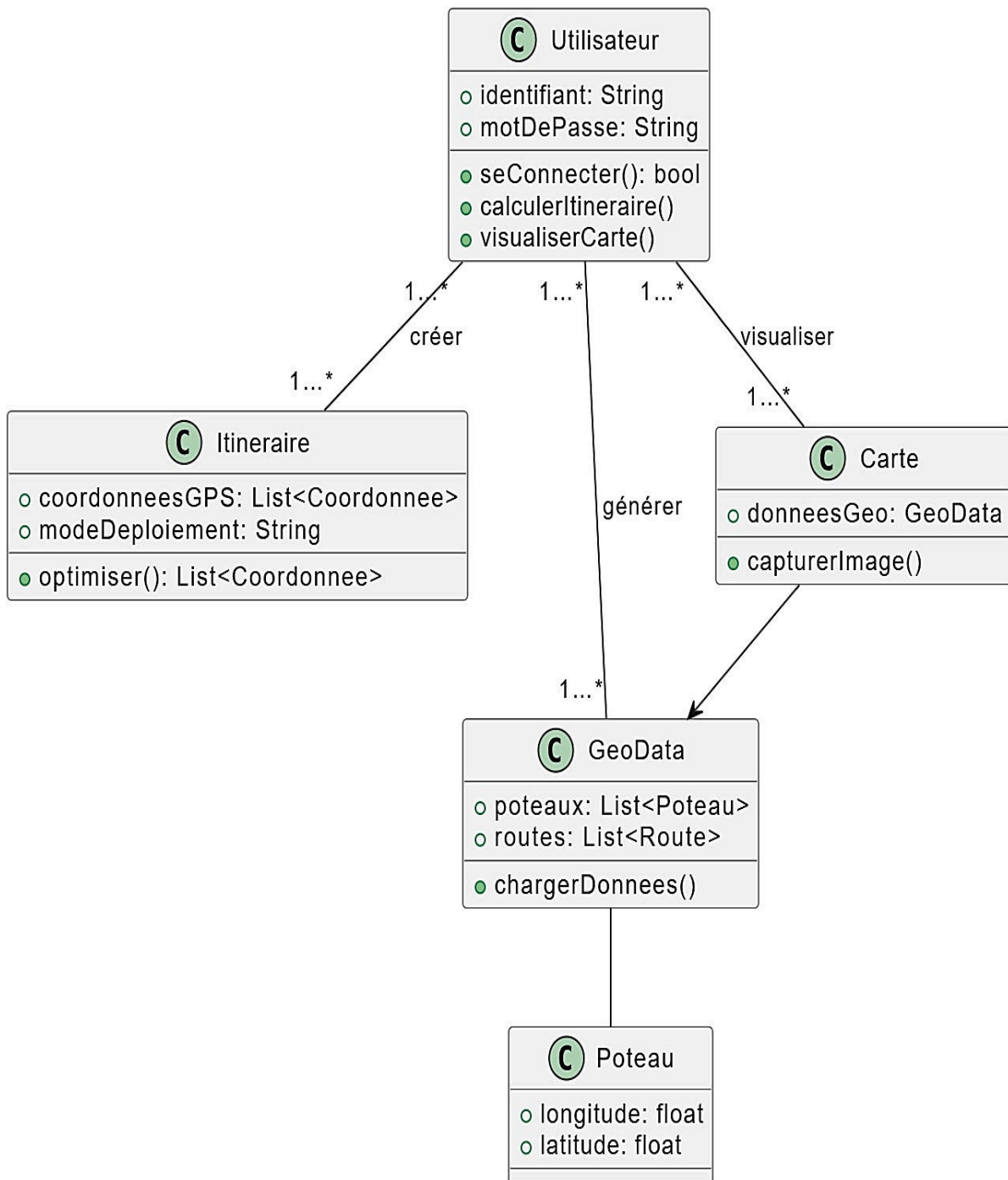
**Figure 6** : Diagramme de séquence Calcul d'itinéraire



**Figure 7 :** Diagramme de séquence Visualisation de Carte

- **DIAGRAMME DE CLASSE**

Le diagramme de classes est un outil essentiel de modélisation UML qui permet de représenter de manière statique la structure du système en identifiant les différentes classes, leurs attributs, leurs méthodes ainsi que les relations entre elles.



**Figure 8** : Diagramme de classe

## **Chapitre 4 : IMPLEMENTATIONS ET RESULTAT**

## 4.1 Environnement et outils de développement

### 4.1.1 Outils de développement



**Python 3.x** : Le langage principal utilisé pour le développement est Python, en raison de sa richesse en bibliothèques géospatiales telles que GeoPandas, Shapely et Fiona. Sa syntaxe claire et intuitive favorise une productivité élevée, tout en permettant un développement rapide et efficace. De plus, Python est un langage multiplateforme, compatible avec les systèmes Windows, Linux et macOS, ce qui facilite le déploiement sur divers environnements.

#### Bibliothèques Principales



**Tkinter** : est l'interface graphique native utilisée, qui s'intègre nativement avec Python sans nécessiter d'installation supplémentaire. Elle se distingue par sa légèreté, sa simplicité d'utilisation et sa capacité à créer rapidement des interfaces fonctionnelles. Pour un rendu plus moderne, le thème 'clam' a été adopté, offrant une apparence visuelle plus soignée et adaptée aux standards actuels.



**Folium** : est utilisé pour la visualisation cartographique, car il repose sur la bibliothèque JavaScript Leaflet.js, reconnue pour sa légèreté et ses performances. Il permet de générer facilement des cartes interactives directement depuis Python. De plus, Folium offre la possibilité d'exporter les cartes au format HTML, facilitant ainsi leur intégration dans des applications web ou leur partage autonome.



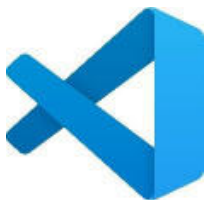
**Geopy** : est utilisé pour les calculs géodésiques, notamment pour déterminer les distances entre deux points à partir de leurs coordonnées GPS. Il permet d'obtenir des résultats

avec une précision métrique, ce qui le rend particulièrement adapté aux applications nécessitant des mesures fiables sur le terrain.



**Shapely** : est utilisé pour effectuer des opérations géométriques, telles que la manipulation de points, de lignes et de polygones. Il permet notamment de réaliser des calculs de proximité et d'intersection, essentiels pour l'analyse spatiale et la modélisation précise des données géographiques.

#### 4.1.2 Environnement de Développement



**VS Code**, enrichi par des extensions essentielles telles que Python pour la prise en charge du langage, Pylance pour l'analyse avancée du code, et GitLens pour une gestion efficace du versioning avec Git. En alternatives, PyCharm en édition professionnelle offre une gestion de projet plus complète et des outils avancés, tandis que Spyder s'adresse davantage aux besoins d'analyse scientifique grâce à ses fonctionnalités spécifiques.

#### 4.1.3 Système de gestion de base de données (SGBD) utilisé



**PhpMyAdmin** est une application web libre développée en PHP, utilisée pour la gestion des bases de données MySQL et Maria DB. Elle permet d'interagir avec les bases de données via une interface graphique accessible depuis un navigateur. Son utilisation se justifie par sa facilité à exécuter des opérations complexes (création de tables, insertion, mise à jour, suppression) sans avoir besoin de maîtriser le langage SQL. Elle est idéale pour les débutants comme pour les professionnels. Il est largement disponible, intégré à des solutions comme WampServer (localhost) et proposé par de nombreux hébergeurs, ce qui la rend pratique et accessible sans configuration avancée



**MySQL** est un système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR) open source largement adoptée, aussi bien pour des projets personnels que professionnels. Son choix pour notre plateforme de covoiturage se justifie par plusieurs atouts majeurs : sa robustesse et ses performances optimisées permettent de gérer efficacement de gros volumes de données (trajets, utilisateurs, réservations) tout en maintenant des temps de réponse rapides. Sa compatibilité native avec des langages comme PHP, Python ou Node.js facilite son intégration dans notre stack technique. Son modèle relationnel assure la cohérence et l'intégrité des données grâce aux mécanismes de clés étrangères et transactions ACID. De plus, son coût nul (licence GPL) et sa large communauté en font une solution économique et bien documentée, idéale pour un projet comme le nôtre qui doit concilier budget maîtrisé et exigences techniques élevées. Enfin, ses fonctionnalités avancées (réplication, sauvegardes) garantissent la scalabilité et la disponibilité de notre application.

## **4.2 Description du fonctionnement de l'application**

### **4.2.1 Ergonomie et interfaces**

Fiber Planner Benin a été développé avec une interface intuitive et professionnelle, offrant une prise en main immédiate grâce à son organisation claire et ses fonctionnalités bien structurées. L'application propose une expérience utilisateur fluide avec des temps de réponse optimisés pour les calculs géospatiaux complexes, tout en conservant un design épuré et accessible. Son interface responsive s'adapte parfaitement aux différents écrans, des ordinateurs de bureau aux portables, avec une palette de couleurs étudiée pour réduire la fatigue visuelle. Les messages contextuels et les outils de visualisation cartographique intégrés permettent une utilisation efficace, faisant de Fiber Planner Benin un outil à la fois performant et agréable à utiliser pour les professionnels des télécommunications.

## 4.2.2 Présentation du fonctionnement de l'application

### ❖ Page d'inscription

L'utilisateur doit entrer ces informations personnelles pour se créer un compte afin d'être enregistré dans la base de données de l'algorithme.



The image shows a registration form titled "Créer un compte". It contains the following fields and buttons:

- Nom:
- Prénom:
- Adresse Email:
- Mot de passe:
- Confirmation mot de passe:
- S'INSCRIRE:
- SE CONNECTER:

**Figure 9** : Interface d'inscription de l'utilisateur

### ❖ Page de connexion

Après avoir créé son compte l'utilisateur doit entrer ces données pour se connecter au Dashboard de l'application

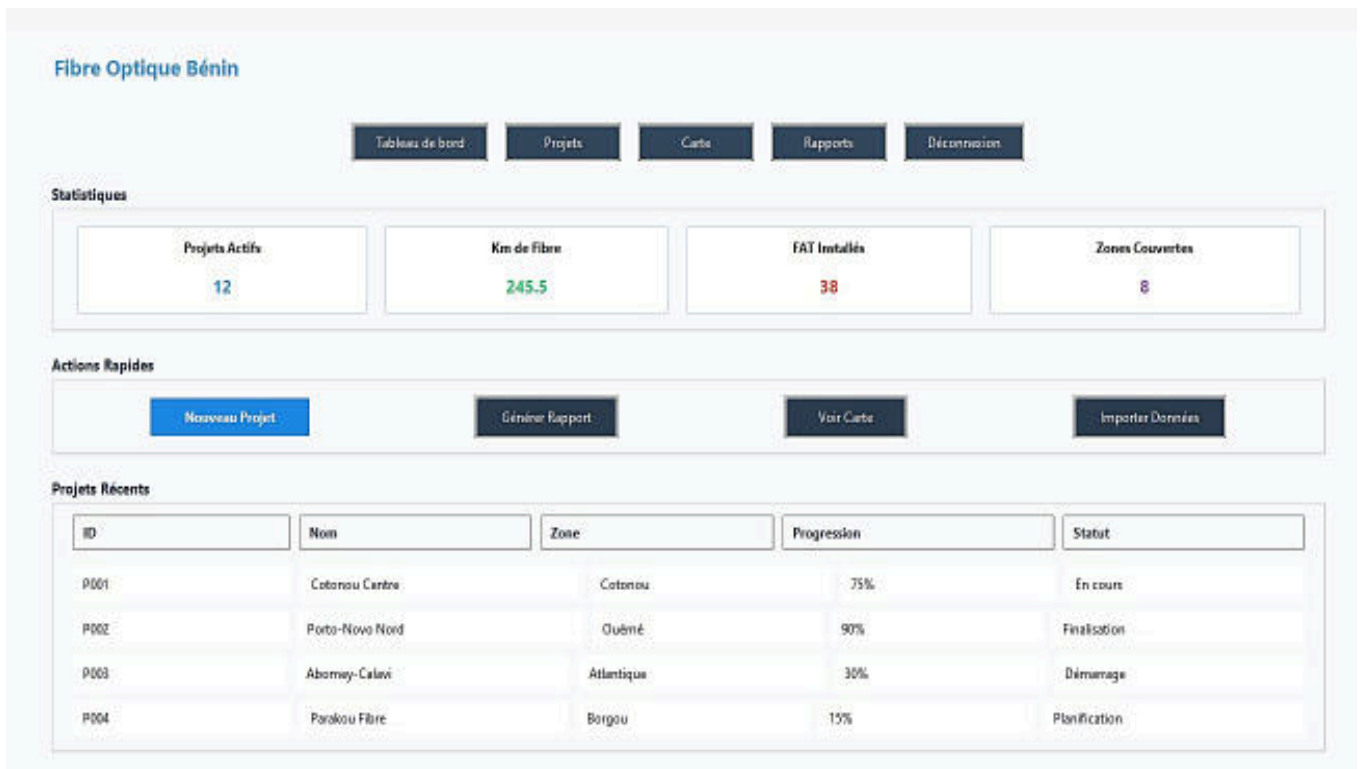


**Figure 10** : Interface de connexion

### ❖ **Interface principale**

Le Dashboard présente un aperçu des projets de fibre optique au Bénin. Il affiche des statistiques clés et permet des actions rapides comme la création de projets ou la génération de rapports. Une section récapitule les projets récents sous forme de tableau. L'interface est conçue pour une gestion simple et efficace.

# Conception d'une plateforme de déploiement de la fibre optique pour la planification des itinéraires : Cas du Bénin

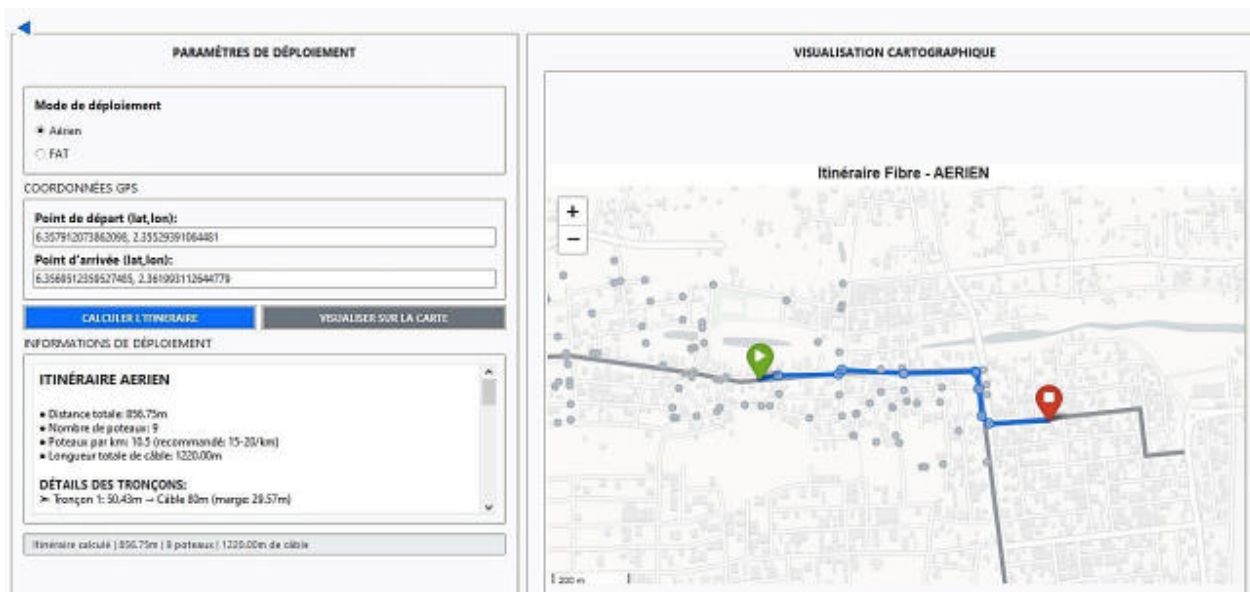


**Figure 11** : Interface principale

## ❖ Interface de saisie d'itinéraire

L'application Fiber Planner Benin propose une interface Tkinter épurée avec onglets clairement organisés pour la saisie des coordonnées, la visualisation des résultats et la gestion des paramètres. La carte interactive et les indicateurs de performance offrent une vision synthétique des calculs d'infrastructure fibre. Un système de messages guidés accompagne l'utilisateur à chaque étape du pro

## Conception d'une plateforme de déploiement de la fibre optique pour la planification des itinéraires : Cas du Bénin



**Figure 12 :** Interface de saisie d'itinéraire

### ❖ Génération du plan

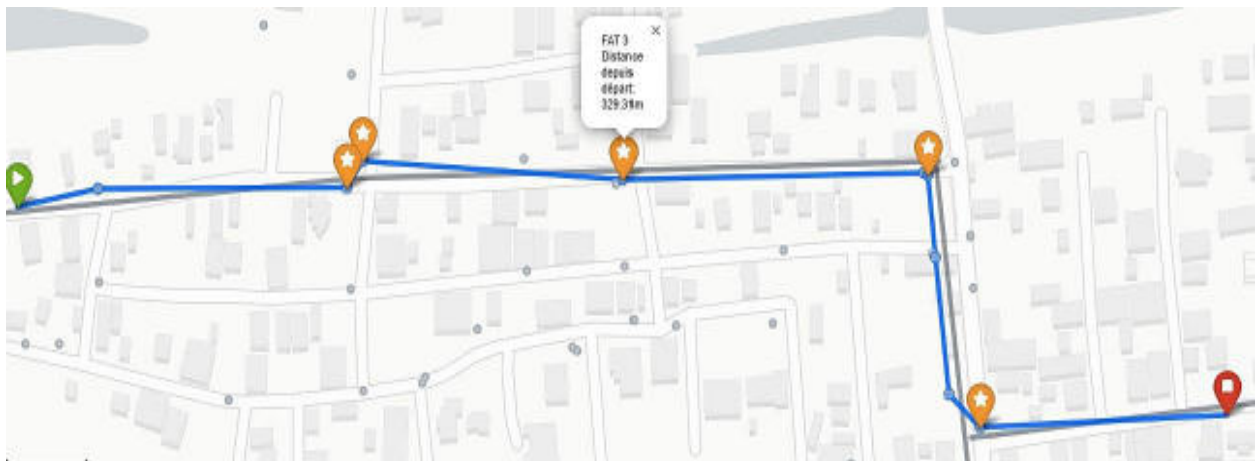
L'itinéraire est affiché sur la carte avec une ligne colorée selon les paramètres de température et de longueur d'onde, tandis que les caractéristiques techniques sont indiquées sous forme d'infobulles interactives. L'algorithme optimise le tracé pour une lisibilité parfaite tout en conservant les informations essentielles.



**Figure 13 :** Génération de plan

### ❖ Affichage des emplacements optimal de pose des FAT

Les points FAT sont matérialisés par des marqueurs orange distinctifs sur la carte, positionnés avec précision par l'algorithme le long de l'itinéraire fibre. Des infobulles détaillent leurs coordonnées exactes et leur ordre de séquence pour une planification efficace.



**Figure 14 :** Affichage des emplacements optimal de pose des FAT

### 4.3 Analyse des résultats

Les résultats des tests démontrent que :

- La plateforme est stable en environnement local.
- Les itinéraires sont générés efficacement grâce à l'algorithme de calcul des chemins, basé sur Dijkstra ou A\*.
- La visualisation via Leaflet est fluide et interactive.
- Les performances sont satisfaisantes pour une base de données de taille moyenne.
- Cependant, certaines améliorations restent nécessaires pour un déploiement à grande échelle, notamment pour gérer la montée en charge.

#### **4.4 Limites de la solution**

Plusieurs limites ont été identifiées au cours de cette phase :

- Le déploiement est local et non connecté à une base de données nationale.
- Le mode de déploiement souterrain n'a pas été modélisé, faute de données techniques sur les conduits existants.
- L'interface utilisateur reste rudimentaire, ne répondant pas encore aux exigences d'une exploitation en production réelle.
- L'algorithme de planification n'intègre pas encore les contraintes physiques du terrain telles que reliefs et obstacles.

## CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire a permis d'analyser en profondeur les enjeux du déploiement de la fibre optique au Bénin, en mettant en évidence les défis techniques et logistiques rencontrés sur le terrain. La conception d'une plateforme de planification d'itinéraires a démontré l'apport des outils numériques dans l'optimisation des réseaux, la réduction des coûts et l'amélioration de l'efficacité. Basée sur des technologies open source, la solution développée propose des tracés optimaux pour le déploiement aérien, avec des fonctionnalités telles que la gestion des zones géographiques et la localisation des PBO.

Malgré des résultats prometteurs, des limites subsistent, notamment l'absence de données pour le déploiement souterrain et le manque d'intégration avec un SIG national. Des pistes d'amélioration ont été proposées : ajout du mode souterrain, interface responsive, intégration d'IA et partenariats avec les acteurs du secteur. Ce projet s'inscrit dans une dynamique de transformation numérique au Bénin et pose les bases d'une gestion plus intelligente et durable de la fibre optique. Nous espérons qu'il contribuera à l'objectif de connectivité universelle et servira de modèle pour d'autres contextes africains.

Les perspectives futures incluent l'intégration du déploiement souterrain en collaboration avec les entreprises et autorités locales, la connexion à un système d'information géographique national, le développement d'une interface mobile pour les techniciens sur le terrain, ainsi que l'utilisation d'algorithmes d'intelligence artificielle pour améliorer les décisions en temps réel. Ce projet pose ainsi les bases d'une gestion plus intelligente et durable des infrastructures télécoms, contribuant à l'objectif national de connectivité universelle et pouvant servir de modèle pour d'autres pays africains

## REFERENCES

1. ARCEP Bénin – *Autorité de Régulation des Communications Électroniques et de la Poste*  
Site web : [www.arcep.bj](http://www.arcep.bj)
2. ITU – *International Telecommunication Union*  
Ressources normatives et techniques sur la fibre optique  
Site web : [www.itu.int](http://www.itu.int)
3. Leaflet.js – *Documentation technique sur la bibliothèque cartographique open source*  
Site web : <https://leafletjs.com>
4. Orange – *Guide pratique de la fibre optique*  
Document interne ou support utilisateur disponible en ligne
5. FTTH Council Europe – *Normes et recommandations pour le déploiement FTTH*  
Site web : [www.ftthcouncil.eu](http://www.ftthcouncil.eu)
6. QGIS – *Quantum GIS : logiciel SIG libre*  
Documentation officielle et tutoriels  
Site web : <https://qgis.org>
7. Comsof FiberPlanIT – *Outil professionnel de planification FTTH*  
Site web : <https://comsof.com/fiberplanit>
8. AutoCAD Map 3D – *Logiciel de cartographie et de dessin technique*  
Éditeur : Autodesk – Site : [www.autodesk.fr](http://www.autodesk.fr)
9. Google Fiber – *Network planning tools (références internes Google)*  
Informations disponibles dans les publications techniques Google.

## **TABLES DES MATIERES**

DÉDICACE 1 .....	2
DÉDICACE 2 .....	3
REMERCIEMENTS .....	4
RESUME .....	5
ABSTRACT .....	5
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES .....	6
LISTES DES FIGURES.....	8
LISTES DES TABLEAUX.....	9
SOMMAIRE .....	10
INTRODUCTION.....	11
1.1PRESENTATION DE L'ENTREPRISE .....	12
1.2 RAPPORT DE STAGE.....	14
1.2.1 Déroulement du stage.....	15
1.2.2 Apports du stage.....	21
Chapitre 2 : CADRE THEORIQUE DE NOTRE PROJET .....	22
2.1 PROBLEMATIQUE .....	23
2.2OBJECTIFS DU MEMOIRE.....	23
2.2.1Objectif général .....	23
2.2.2Objectifs spécifiques .....	23
2.2.3Hypothèses de travail .....	24
2.2.4 Les réseaux à haut débit et la fibre optique.....	24
2.2.5 Types de réseaux .....	25

2.2.6 Avantages de la fibre optique.....	25
2.3 TECHNOLOGIE DE LA FIBRE OPTIQUE .....	26
2.3.1 Principe de fonctionnement.....	26
2.3.1.1 Structure physique de la fibre optique .....	26
2.3.1.2 Transmission de la lumière dans la fibre.....	28
2.3.1.3 Applications de la Fibre Optique dans les Réseaux.....	29
2.3.1.4 Avantages du transport optique.....	31
2.3.2 Composants d'un réseau en fibre optique .....	32
2.3.3 Méthodes de raccordement et d'épissurage .....	33
2.4 MÉTHODES DE DÉPLOIEMENT DE LA FIBRE OPTIQUE .....	33
2.4.1 Déploiement aérien.....	33
2.4.1.1 Étapes du déploiement aérien.....	34
2.4.1.2 Avantages et inconvénients du déploiement aérien .....	36
2.4.2 Déploiement souterrain .....	37
2.4.2.1 Étapes du déploiement souterrain .....	37
2.4.2.2 Avantages et inconvénients du déploiement souterrain.....	39
2.4.3 CARTOGRAPHIE ET OUTILS SIG DANS LE DÉPLOIEMENT .....	40
2.4.3.1 Avantages liés à l'utilisation des SIG dans le déploiement de la fibre optique :.....	40
2.4.3.2 Inconvénients liés à l'utilisation des SIG dans le déploiement de la fibre optique :.....	41
CHAPITRE 3 : ANALYSE ET CONCEPTION DU SYSTEME .....	43
3.1 BESOINS FONCTIONNELS ET NON FONCTIONNELS .....	44
3.1.1 Besoins fonctionnels .....	44

3.1.3 Besoins en Sécurité .....	45
3.2 Méthodologie.....	46
3.3 CHOIX DE LA METHODE .....	48
3.4 Modélisation UML .....	48
3.4.1 Diagramme de cas d'utilisation.....	48
Chapitre 4 : IMPLEMENTATIONS ET RESULTAT .....	57
4.1 Environnement et outils de développement .....	58
4.1.1 Outils de développement.....	58
4.1.2 Environnement de Développement .....	59
4.1.3 Système de gestion de base de données (SGBD) utilisé.....	59
4.2 Description du fonctionnement de l'application.....	60
4.2.1 Ergonomie et interfaces.....	60
4.2.2 Présentation du fonctionnement de l'application.....	61
4.3Analyse des résultats .....	65
4.4Limites de la solution .....	66
CONCLUSION GENERALE.....	67
REFERENCES .....	68
TABLES DES MATIERES .....	69