

Saé 304 ROM :

Déployer un service de Téléphonie multi-sites

Rapport d'inspection de la boucle locale fibre

GENAY Loïs
TAMSEDAK Amine



Introduction

La boucle locale fibre

La boucle locale fibre est essentielle pour fournir une connexion internet haut débit aux foyers. Ce projet vise à simuler une installation FTTH (Fiber To The Home) complète allant de la prise terminale optique (PTO) jusqu'au point de branchement (PB) tout en s'assurant de la qualité et de la conformité des liaisons optiques.

Opérations effectuées

Nous avons débuté par la réalisation d'un schéma détaillé de notre boucle locale en identifiant chaque équipement (présent en page 6). Nous avons choisi des jarretières monodirectionnelles (verte) car elles minimisent la réflexion du signal grâce à l'angle des connecteurs. Après avoir nettoyé les jarretières et les prises des équipements, nous avons câblé notre ligne jusqu'au PB (Point de Branchement).

Nous avons par la suite réalisé une batterie de test. Ils incluent l'inspection visuelle de la fibre avec un microscope, des mesures avec un OTDR pour analyser les pertes optiques et faire un bilan optique et mise en place des connexions au niveau des équipements clés (PMZ, PB, OLT, PTO).

Matériel utilisé

OTDR

Un OTDR (Optical Time Domain Réflectomètre) souvent appelé réflectomètre et un appareil de mesure pour fibres optiques. Il utilise le principe de la réflectométrie afin de caractériser les propriétés d'une ligne et pour mettre en évidence les éventuels défauts de celle-ci, les équipements d'interconnexions et leurs positions dans la ligne.



Figure 1 : OTDR

Testeur visuel de défaut

Le testeur visuel de défaut ou laser et un équipement qui permet de contrôler si une ligne optique est coupée ou fortement atténuée visuellement en vérifiant le passage d'une lumière rouge d'un laser dans une ligne.



Figure 2 : testeur laser

Microscope à Fibre optique

Le microscope à fibre optique se branche sur l'OTDR ou sur un ordinateur pour voir visuellement l'état d'une jarretière optique ou d'une prise optique. Un cœur propre noir doit se distinguer aisément pour une fibre propre (**voir partie 4**).



Figure 3 : microscope optique

Stylo de nettoyage optique

Le stylo de nettoyage de fibre optique est un outil essentiel pour maintenir la qualité des connexions optiques. Son rôle est de nettoyer les connecteurs de fibre optique en éliminant la poussière, la saleté et les résidus microscopiques qui peuvent s'y accumuler.



Figure 4 : stylo optique

L'amorce optique (50m dans notre cas)

L'amorce optique est une fibre qui est utilisée pour isoler les connecteurs de l'OTDR au début de la ligne. Elle permet d'atténuer les effets des pertes et réflexions des premiers connecteurs pour une mesure précise des événements et des pertes sur le reste de la ligne.



Figure 5 : amorce

Jarretière optique

Une jarretière optique est un câble équipé de connecteurs à chaque extrémité utilisée pour relier des équipements ou des fibres optiques entre eux. Elle assure une transmission fiable du signal lumineux en minimisant les pertes optiques. Les jarretières se déclinent en différentes longueurs, types de connecteurs et fibres (monomode ou multimode) adaptées aux besoins spécifiques des réseaux optiques.

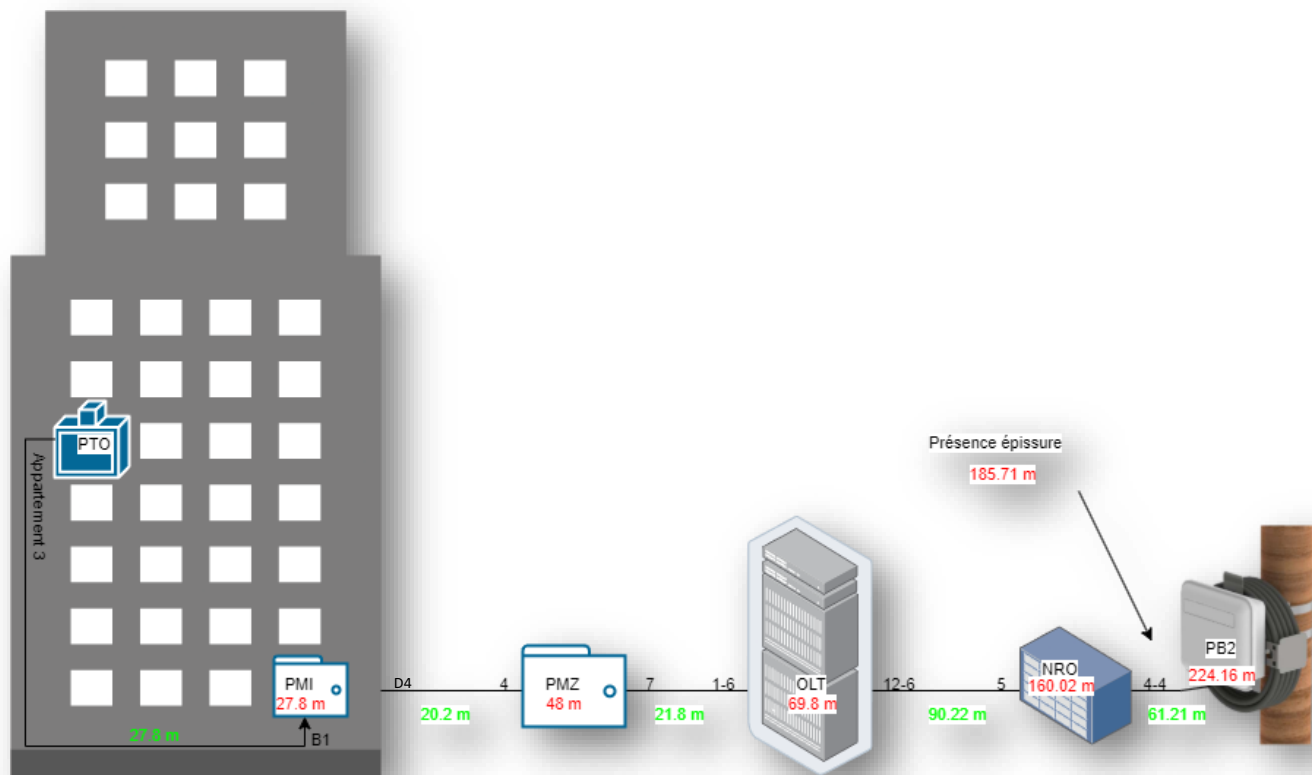


Figure 6 : jarretière optique

Tableau récapitulatif du matériel utilisé

Matériel	Description	Rôle dans le projet
OTDR	Réflectomètre optique utilisé pour analyser les pertes et événements sur la fibre.	Localiser les défauts, mesurer les pertes optiques et analyser les connexions sur la ligne.
Testeur visuel de défaut (laser)	Outil émettant une lumière rouge pour vérifier la continuité et localiser les coupures.	Contrôler rapidement si une fibre est coupée ou fortement atténuée.
Microscope optique	Appareil permettant d'inspecter visuellement l'état des connecteurs optiques.	Vérifier la propreté et l'état des connecteurs et jarretières pour éviter les pertes optiques.
Stylo de nettoyage	Outil conçu pour éliminer la poussière et les résidus microscopiques des connecteurs.	Maintenir la qualité des connexions en garantissant des connecteurs propres.
Kit de photométrie	Mesure la perte globale entre deux extrémités.	Mesurer l'atténuation totale entre deux points de la ligne pour valider la qualité des connexions.
Jarretière optique	Câble court équipé de connecteurs à chaque extrémité (monomode le plus souvent).	Relier les équipements optiques entre eux en assurant une transmission fiable et bidirectionnelle.

Schéma du plan de l'installation de la boucle locale mutualisé (BLOM)



Légende :

PTO : Prise Terminale Optique de L'appartement 3.

PMI : Point de Mutualisation de notre immeuble.

PMZ : Point de Mutualisation de Zone regroupant d'autres immeuble/habitations.

OLT : Optical Line Termination qui gère les connexions entre les abonnés et le réseau.

NRO : Noeud de Raccordement Optique qui permet de faire le lien entre ligne abonés et les réseaux opérateurs.

PBOE2 : Point de Branchement Optique Extérieur utilisé pour raccorder les maisons individuelles (dans notre cas simule la continuité après le NRO).

Connecteurs : ■

Longueurs lignes : ■

Position depuis le PTO : ■

Démarche d'installation de la boucle locale mutualisé

ETAPE 1) PREPARATION DES EQUIPEMENTS ET DES JARRETIERES.

Notre première étape a consisté à préparer les équipements nécessaires pour garantir une installation rapide et efficace. Chaque jarretière optique a été correctement nettoyée (figure 7) tout comme les connecteurs (figure 2) à l'aide d'un stylo de nettoyage optique (figure 3). Cette précaution nous a permis de s'assurer que les connecteurs ne présentaient aucune poussière ou saleté qui auraient pu entraîner des pertes optiques importantes voir un dysfonctionnement. C'est avec le microscope à fibre optique que nous avons vérifié la propreté des connecteurs avant leur utilisation.



Figure 7 : visualisation jarretière



Figure 8 : stylo optique



Figure 9 : visualisation connecteur

ETAPE 2) INSTALLATION DES CABLES OPTIQUES SELON LE SCHEMA DEFINI

Le schéma d'installation que nous avons préalablement réalisé a servi de « guide rapide » pour poser les câbles optiques même si la majorité des équipements étaient visible et à proximité pour relier chaque équipement clé (PTO, PB, PMZ). À chaque étape, nous avons pris soin de vérifier la continuité et la qualité de la connexion avant de passer à l'étape suivante. Cela nous a permis d'identifier rapidement tout problème éventuel avant qu'il ne soit trop tard.

Etape n°1 : PTO

Nous avons commencé par relier notre OTDR à la prise terminal optique de l'appartement 3



Etape n°2 : PMI

Nous avons relié notre PTO au point de mutualisation de notre immeuble



Etape n°3 : PMZ

Nous avons relié notre PMI au point de mutualisation de notre zone



Etape n°4 : OLT

Par la suite ont été branché les fibres provenant de notre PMZ vers l'OLT



Etape n°5 : Répartiteur optique

L'ODF permet la gestion des fibres entrantes et sortantes pour relier les jarretières avec une numérotation



Etape n°6 : NRO

Nous avons relié notre NRO à l'OLT pour assurer la distribution des services optiques.



Etape n°7 : connecteurs PB

Les connecteurs PB relient les fibres optiques venant de l'OLT aux câbles allant vers les abonnés finaux



Etape n°8 : PB

Les connecteurs PB relient les câbles venant du Points de Branchement en direction du réseau opérateur



Etape n°9 : Bilan

Nous avons testé la ligne dans l'autre sens afin de s'assurer de la qualité de la liaison dans les deux sens en descendant et descendant



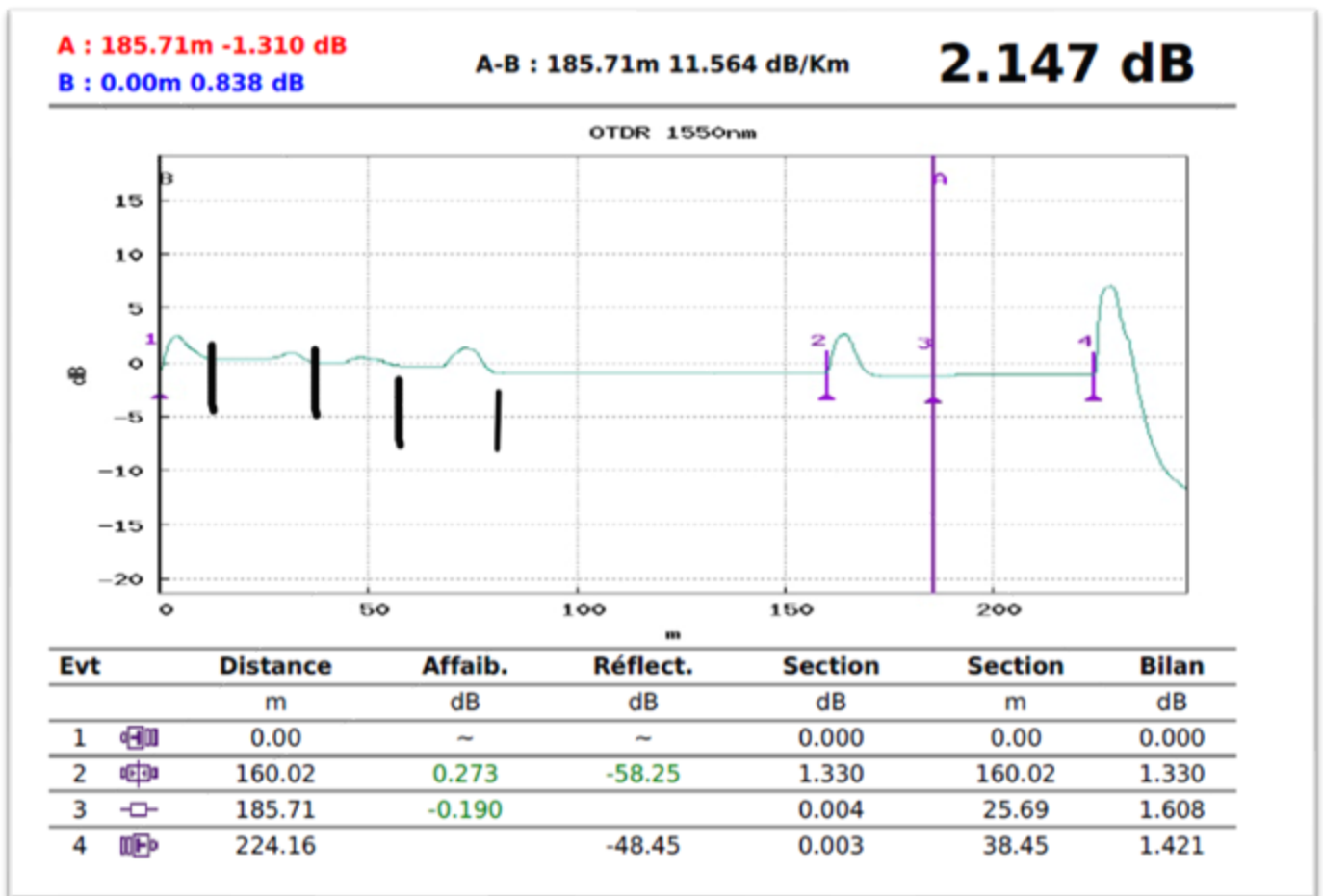
Difficultés rencontrées :

- **Fibre cassée** : Certaines fibres se sont montrées cassées, rendant ainsi certaines jarretières juste inutilisables. Cela a nécessité d'utiliser d'autres liens en utilisant des jarretières alternatives. Ce type de problème nous a certes ralenti, car il a fallu inspecter chaque fibre pour identifier les défauts et corriger les connexions, mais finalement, c'était du temps gagné car nous n'avions plus à nous inquiéter de mal fonctions dus à des fibres en mauvais état
- **Connecteurs fragiles** : Nous avons constaté que certains connecteurs étaient particulièrement sensibles à une manipulation trop brusque (boîte des fibres cassée), ce qui nous a obligé à redoubler de précaution pour éviter des dommages supplémentaires inutiles.

ETAPE 3) VERIFICATION ET TESTS INTERMEDIAIRES

Après chaque liaison installée, nous avons procédé à des tests intermédiaires pour valider la qualité du signal et nous assurer qu'aucune étape précédente ne compromettrait la suite du montage. Ces tests ont été réalisés avec plusieurs outils :

- **L'OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)** : Nous l'avons utilisé pour détecter les pertes et anomalies sur la ligne. Ce test a permis de localiser rapidement les points auxquels le signal était affaibli.
- **Le testeur visuel de défaut** : Nous l'avons utilisé pour vérifier la continuité de la fibre en observant le passage d'une lumière rouge (que nous faisons clignoter) émise par un laser. Ce test simple a été très utile pour identifier les coupures visibles.



DETAIL DES EVENEMENTS DETECTES A 1550 NM

Liaison PTO → PB

Longueur d'onde utilisée : 1550 nm

Durée du test : 20 secondes

Événement 1 : Position 0 m

- **Type d'événement** : Connecteur initial.
- **Affaiblissement (dB)** : Non mesurable.
- **Réflectance (dB)** : Non mesurable.
- **Analyse** : Cet événement correspond au point de départ de la liaison, au niveau du connecteur initial relié à l'OTDR. L'absence d'affaiblissement mesuré est attendue, car c'est une zone de référence pour les mesures.

Comme on peut le voir sur l'image, aucune perte significative n'est détectée sur cette position.

Événement 2 : Position ~50 m (PMZ)

- **Type d'événement** : Connecteur.
- **Affaiblissement (dB)** : ~0.10 dB.
- **Réflexance (dB)** : ~-45.00 dB.
- **Analyse** : Ce connecteur non identifié par l'OTDR est visible sur la courbe. Les pertes et la réflexance restent dans les tolérances, ce qui nous indique un bon état du connecteur.

L'image montre un pic mineur à cette position, correspondant à une légère perte et une bonne réflexance.

Événement 3 : Position ~110 m (PMI)

- **Type d'événement** : Connecteur.
- **Affaiblissement (dB)** : ~0.15 dB.
- **Réflexance (dB)** : ~-50.00 dB.
- **Analyse** : Un autre connecteur visible sur l'image n'a pas été détecté par l'OTDR. Les valeurs estimées nous confirment que la qualité du connecteur est acceptable.

Le pic intermédiaire sur l'image justifie cet ajout, avec des valeurs estimées correspondant au comportement attendu.

Événement 4 : Position 160.02 m

- **Type d'événement** : Connecteur.
- **Affaiblissement (dB)** : 0.273 dB.
- **Réflexance (dB)** : -58.25 dB.
- **Analyse** : Ce point représente un connecteur identifié par l'OTDR. Les pertes sont conformes aux tolérances (< 0.50 dB) et la réflexance est également dans les normes.

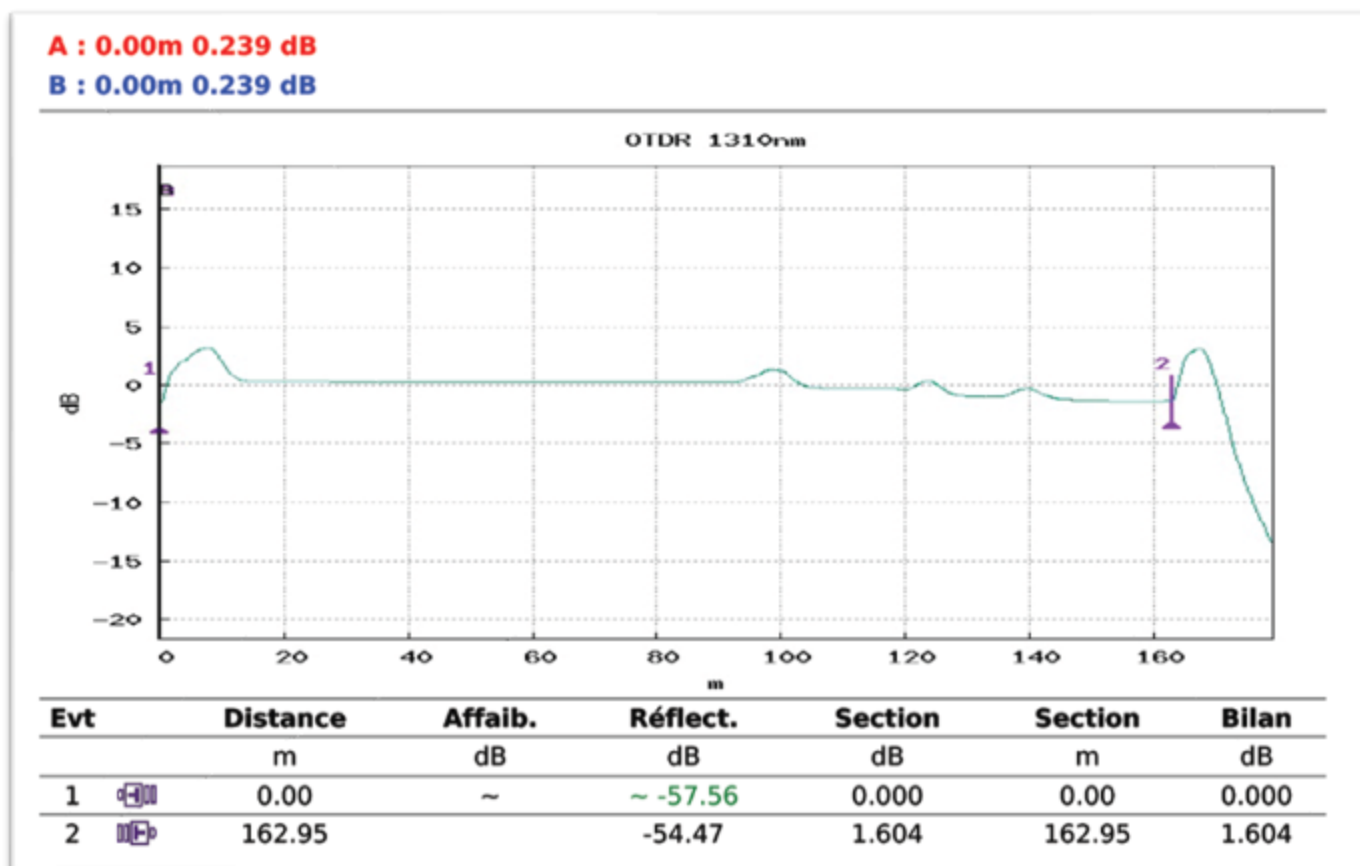
Le connecteur montre une bonne qualité sans anomalies majeures.

Événement 5 : Position 185.71 m (OLT)

- **Type d'événement** : Épissure (d'après OTDR même si il y a des doutes).
- **Affaiblissement (dB)** : ~0.20 dB.
- **Réflexance (dB)** : ~-55.00 dB.
- **Analyse** : Épissure identifiée sur la courbe. La faible perte et une réflexance acceptable confirment sa qualité.

Événement 6 : Position 224.16 m

- **Type d'événement** : Reflet de fin de ligne
- **Affaiblissement (dB)** : -48.45 dB.
- **Réflectance (dB)** : 0.003 dB.
- **Analyse** : Les mesures montrent une absence d'affaiblissement détectable, ce qui nous indique un excellent état de la connexion.



Liaison NRO → PTO

Longueur d'onde utilisée : 1310 nm

Durée du test : 20 secondes

Événement 1 : Position 0 m

- **Type d'événement :** Connecteur initial.
- **Affaiblissement (dB) :** Non mesurable.
- **Réflexance (dB) :** ~ -57.56 dB.
- **Analyse :** Cet événement correspond au point de départ de la liaison, au niveau du connecteur initial relié à l'OTDR. L'absence d'affaiblissement mesuré est attendue, car c'est une zone de référence pour les mesures.

Événement 2 : Position ~100 m (PMZ)

- **Type d'événement :** Connecteur.
- **Affaiblissement (dB) :** de 0 à ~2 dB.
- **Réflexance (dB) :** ~-50.00 dB.
- **Analyse :** Une petite réflexion est observée à 100 m. Cette perte mineure est attribuée au PMZ, un point clé de la liaison. La réflexance faible indique un bon alignement optique.

Événement 3 : Position ~125 m (OLT)

- **Type d'événement :** Connecteur.
- **Affaiblissement (dB) :** de -2 à ~1 dB.
- **Réflexance (dB) :** ~-50.00 dB.
- **Analyse :** À 125 m, on détecte une réflexion correspondant au point OLT. Les pertes sont légères, confirmant un bon fonctionnement du composant.

Événement 4 : Position ~140 m (PMI)

- **Type d'événement :** Connecteur.
- **Affaiblissement (dB) :** de -2 à ~0 dB.
- **Réflexance (dB) :** ~-60.00 dB.
- **Analyse :** Cet endroit que j'identifie comme le PMI, présente une très faible perte et une réflexion négligeable, ce qui confirme une qualité correcte à cet endroit.

Événement 5 : Position 162.95 m

- **Type d'événement :** Connecteur final.
- **Affaiblissement (dB) :** 1.604 dB.
- **Réflexance (dB) :** -54.47 dB.
- **Analyse :** Le connecteur final au PTO montre des valeurs dans les normes pour une terminaison propre.

Bilan optique

Le bilan optique est une étape essentielle pour vérifier que la qualité et la conformité d'une liaison fibre optique sont présents. Ce bilan permet de mesurer les pertes totales (atténuation) et les réflexions dans le réseau afin de s'assurer que la transmission répond aux exigences.

1. But du Bilan Optique

Le bilan optique vise à :

- Vérifier la conformité de la liaison optique avec les spécifications techniques en termes d'atténuation et de réflexion.
- Identifier les pertes et anomalies potentielles tout au long de la liaison.
- Valider que la qualité du signal est suffisante pour une transmission fiable des données.

2. Résultats des Tests

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un OTDR (Optical Time-Domain Reflectometer) pour analyser la liaison entre les points LOC A et LOC B. Voici les principaux résultats :

À 1310 nm :

- **Bilan d'atténuation total** : 1.698 dB
- **ORL** : 48.89 dB
- **Atténuation moyenne par kilomètre** : 7.572 dB/km
- **Distance totale de la liaison** : 224.24 m

À 1550 nm :

- **Bilan d'atténuation total** : 1.421 dB
- **ORL** : 50.20 dB
- **Atténuation moyenne par kilomètre** : 6.339 dB/km
- **Distance totale de la liaison** : 224.16 m

3. Calcul du Bilan Optique Théorique

Le bilan optique théorique nous permet de calculer l'atténuation totale d'une liaison fibre optique en tenant compte de la longueur de la fibre, les pertes dues aux connecteurs, aux épissures ainsi que de l'atténuation linéique propre à la fibre.

La formule utilisée est la suivante :

$$A = (L \cdot A_{ép}) + (nb_{ép} \cdot A_{ép}) + (nb_{conn} \cdot A_{conn}).$$

Les variables qui sont à notre disposition :

- Longueur totale de la fibre : $L = 0.2242 \text{ km}$
- Nombre de connecteurs : $nb_{conn} = 9$
- Nombre d'épissures : $nb_{ép} = 2$

Données techniques :

- Atténuation linéique :
 - 0.38dB/km à 1310 nm
 - 0.25 dB/km à 1550 nm
- Perte par épissure : 0.10 dB/épissure
- Perte par connecteur : 0.45 dB/connecteur

Calculs du Bilan Optique Théorique :

À 1310 nm :

- $A_{1310} = (0,22424 \cdot 0,38) + (2 \cdot 0,10) + (9 \cdot 0,45)$
- $A_{1310} = 0,0852 + 0,20 + 4,05 = \mathbf{4,3352dB}$

À 1550 nm :

- $A_{1550} = (0,22424 \cdot 0,25) + (2 \cdot 0,10) + (9 \cdot 0,45)$
- $A_{1550} = 0,0561 + 0,20 + 4,05 = \mathbf{4,3061dB}$

Comparaison avec les résultats de l'OTDR :

Paramètre	Théorique (1310nm)	Théorique (1550nm)	Mesuré (1310nm)	Mesuré (1550nm)
Atténuation total (dB)	4,3352	4,3061	1,698	1,421
ORL	Pas d'infos	Pas d'infos	48,89	50,2

Conclusion :

Le bilan optique nous montre bien que la liaison est bien en dessous des seuils de pertes théoriques ce qui donc nous montre une installation optimale. Les 9 connecteurs et 2 épissures ne posent pas de problème significatif grâce à leur bonne qualité. La liaison est stable et conforme aux normes.