

UCAD/ESP/DGI/MASTER 1 TR [2015-2016]

MODULE FIBRE OPTIQUE

Professeur : Dr Idy Diop

Présenter par :

Cheikh Tidiane Diabang

Magatte Mbacke

Pape Moussa Fall

Amal Nouh EL Mokhtar

PROJET : Réalisation d'une liaison à fibre optique entre deux villes

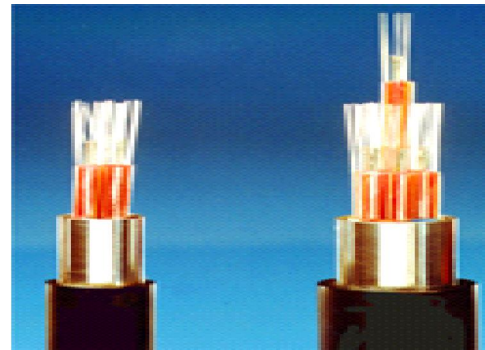
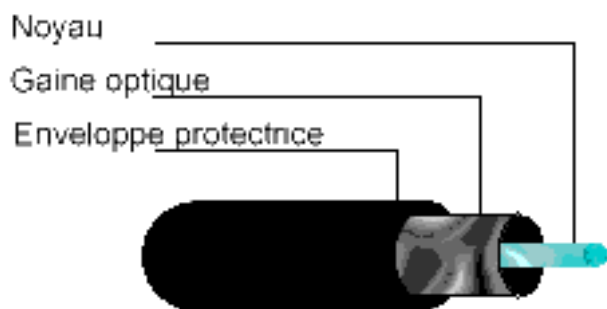
INTRODUCTION GENERAL

La fibre optique a été développée pour la première fois en 1981 à Biarritz. Depuis elle a conquis de nombreux domaines notamment artistiques grâce à ses possibilités de jeu de lumières, mais c'est surtout matières de transmission de données numériques qu'elle s'est développée : elle a en effet permis d'augmenter considérablement le débit de transmission.

L'interconnexion entre deux villes doit permettre de transporter une information avec un très grand débit et avec le minimum de pertes et d'interférences.

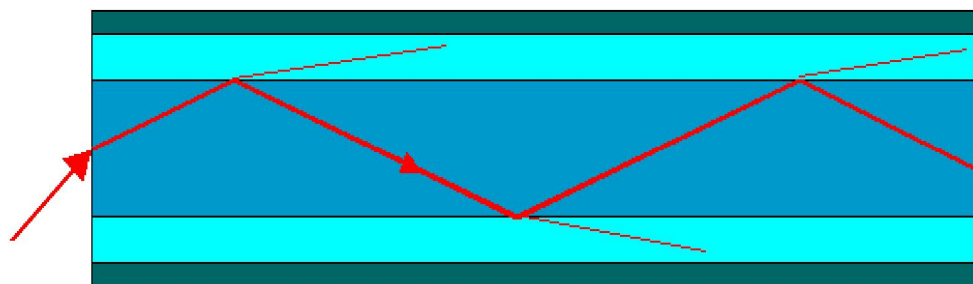
La fibre optique permet grâce à la technologie actuelle de transporter des données et autres types d'informations, par exemple elle permet une connexion Internet.

I°) Principe de fonctionnement de la fibre optique

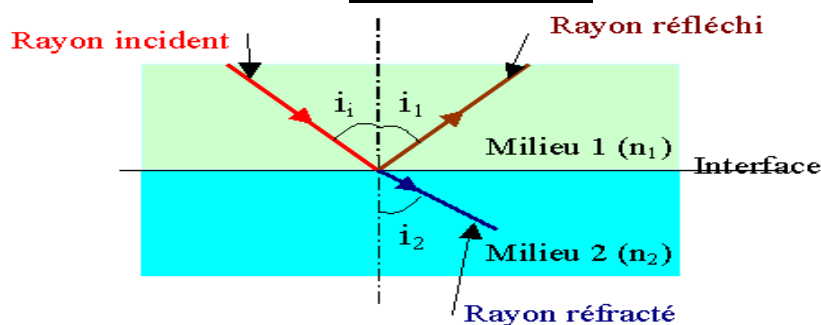


La fibre optique est composée d'un cœur c'est à dire un fil de verre ou de plastique fin servant à propager un rayon lumineux qui est entouré d'une gaine protectrice réfléchissante ayant un indice de réflexion légèrement inférieur au cœur central. Le tout est glissé dans un câble de protection en acier ou en plastique pour éviter la dégradation du câble.

Sa longueur peut varier de quelques mètres à plusieurs kilomètres selon les besoins. La lumière est le principal élément de la fibre optique, c'est elle qui transporte toutes les informations. L'information à transmettre est transportée par des ondes lumineuses guidée par la fibre suivant le principe de réflexion ; c'est à dire les lois de Descartes qui se produit au niveau de la frontière entre le cœur et la gaine.



Lois de Descartes:



- **Définition** : le plan formé par le rayon incident SI et la normale à la surface de séparation est appelé plan d'incidence
- Première loi de Snell-Descartes pour la **réflexion** : le rayon réfléchi IR reste dans le plan d'incidence
- Deuxième loi de Snell-Descartes pour la **réflexion** : les angles d'incidence i_1 et de réflexion i'_1 sont égaux
- Première loi de Snell-Descartes pour la **réfraction** : le rayon réfléchi IT reste dans le plan d'incidence

Deuxième loi de Snell-Descartes pour la **réfraction** : les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sont reliés par : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

Il existe **trois types de fibres optiques** qui se distinguent par la façon dont le signal lumineux se propage dans le cœur :

fibres multimode à saut d'indice

Le cœur et la gaine présentent des indices de réfraction différents et constants. Le passage d'un milieu vers l'autre est caractérisé par un saut d'indice. Le faisceau lumineux injecté à l'entrée de la fibre va atteindre la sortie en empruntant des chemins optiques différents ce qui se traduit par des temps de propagation différents et donc un étalement du signal transmis. Ce phénomène est appelé **dispersion modale**.

Fibre multimode à saut d'indice: Débit limité à 50Mb/s et un affaiblissement d'environ 10dB/km.

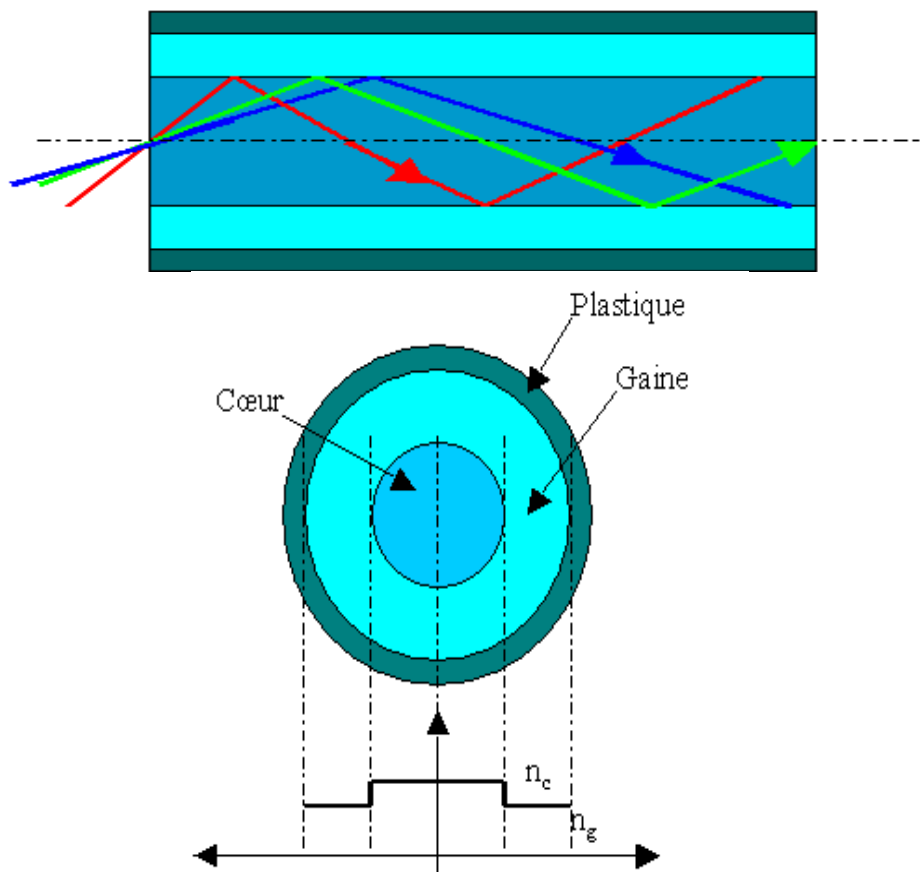
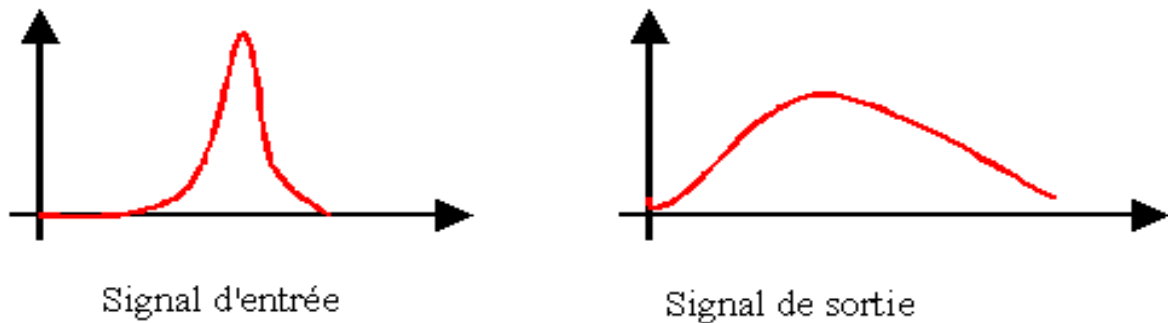


Figure 1 : section et profil d'indice d'une fibre multimodes à saut d'indice.

Figure 2: chemins optiques empruntés par les rayons lumineux.



Étalement du signal optique dans une fibre multimodes à saut d'indice.

fibre multimode a gradient d'indice

Le cœur se caractérise par un indice variable qui augmente progressivement de n_1 à l'interface gaine-cœur jusqu'à n_2 au centre de la fibre. Là aussi les rayons lumineux vont emprunter des chemins différents, mais un choix judicieux du profil d'indice du cœur permet de tendre vers des temps de parcours voisins et donc réduire l'étalement du signal.

Fibre multimode à gradient d'indice : Débit limité à 1Gb/s et un affaiblissement d'environ 10dB/km.

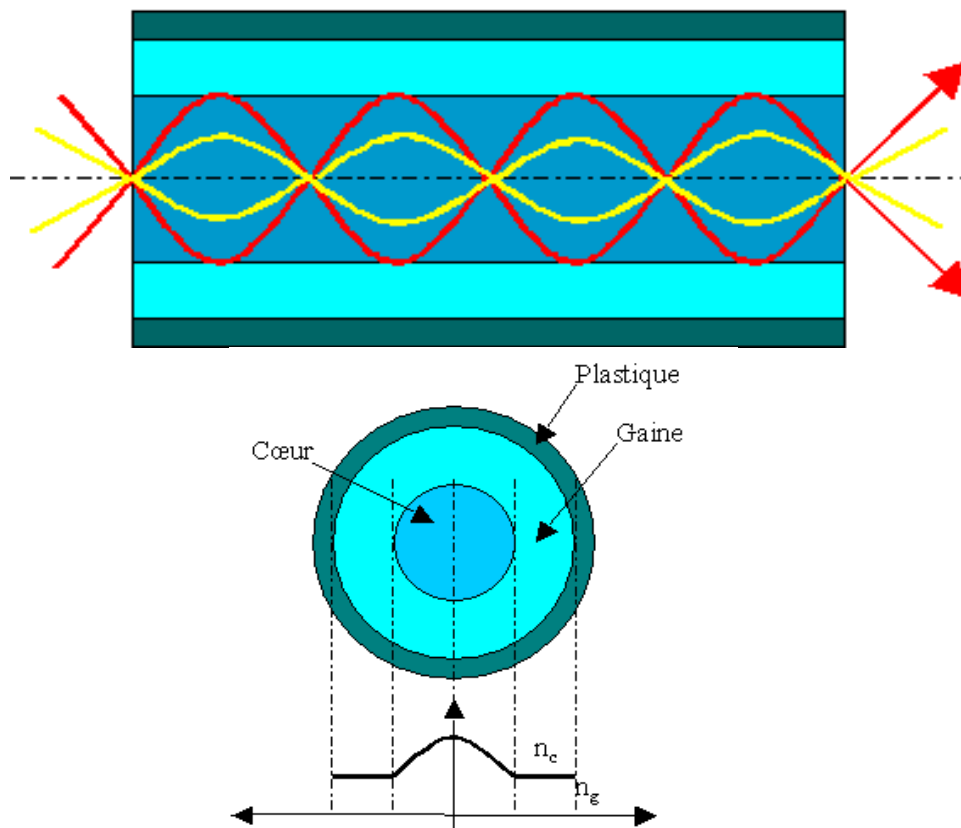
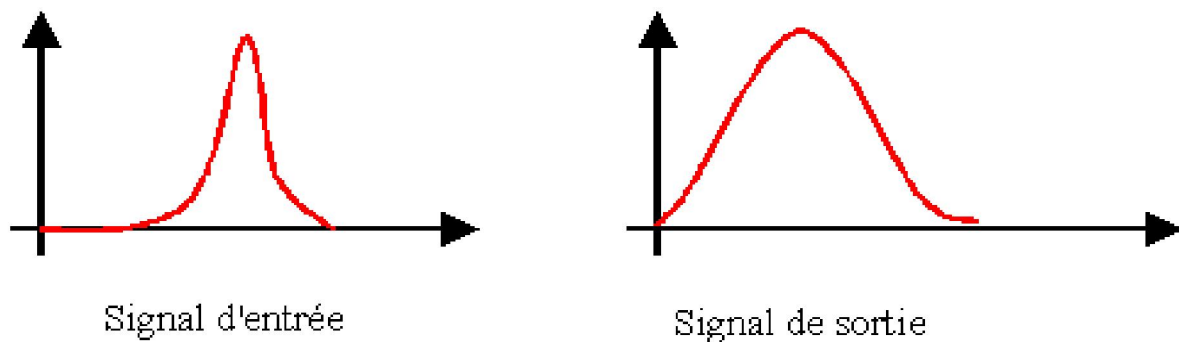


Figure1 : section et profil d'indice d'une fibre multimodes à gradient d'indice;
 Figure2 : chemins optiques empruntés par les rayons lumineux.



Étalement du signal optique dans une fibre multimodes à gradient d'indice

fibre monomode

En choisissant un diamètre suffisamment faible, il est possible de n'avoir qu'un seul chemin pour la propagation de la lumière. Le chemin de propagation ainsi unique est parallèle à l'axe de la fibre. Théoriquement le signal injecté en entrée va atteindre la sortie sans aucune déformation. C'est ce type de fibre qui présente les plus grandes performances mais son coût est relativement élevé par rapport aux fibres multimodes.

Fibre monomode : Débit supérieur à 1Gb/s et un affaiblissement d'environ 0.5dB/km.

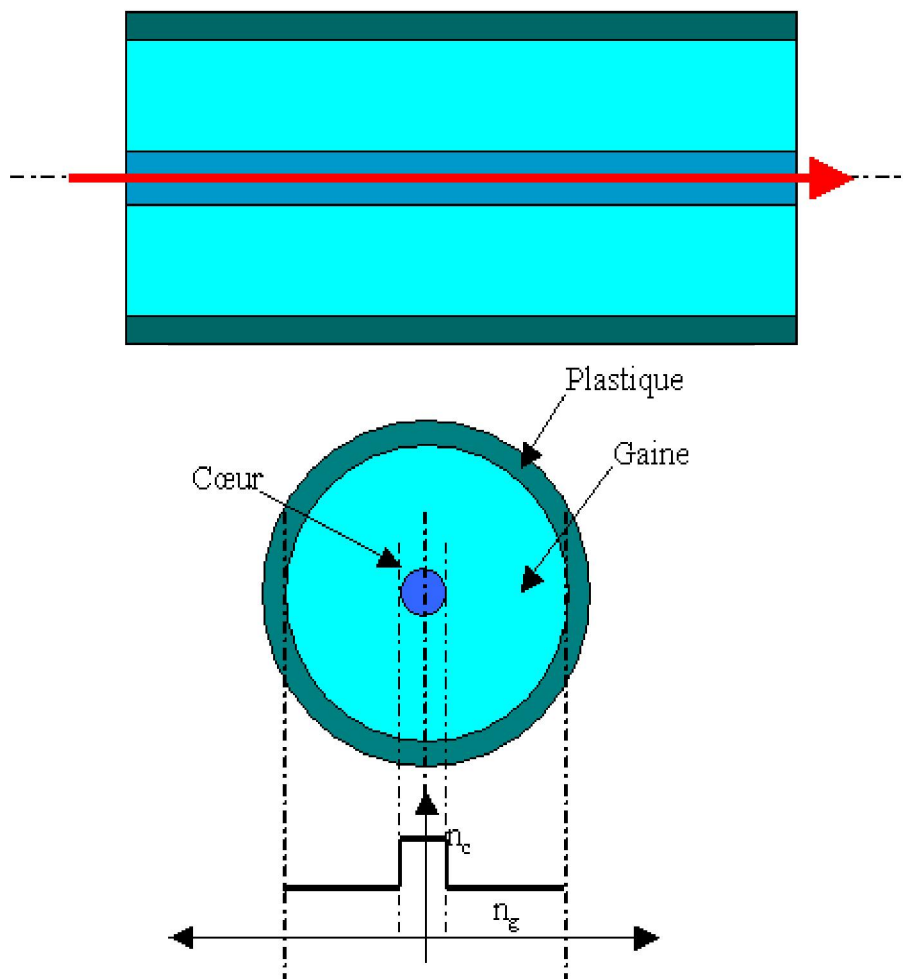
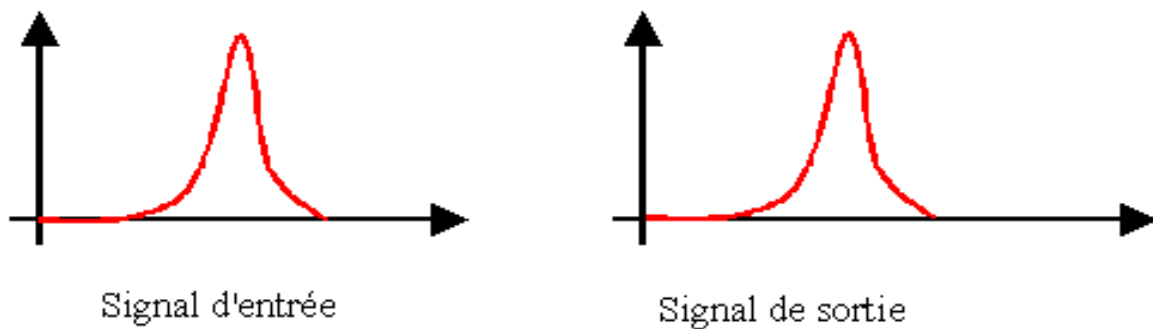


Figure 1 : section et profil d'indice d'une fibre monomode;

Figure 2 : le chemin optique emprunté par les rayons lumineux est unique.



Étalement du signal optique dans une fibre monomode.

Avantages et inconvénients de la fibre optique

Avantages :

- une bande passante très large, ce qui autorise des débits de transmission très élevés ;
- une faible atténuation, ce qui autorise des liaisons à grande distance ; une insensibilité aux perturbations électromagnétiques, ce qui garantit une diaphonie nulle et une grande sécurité contre les intrusions ;
- Un poids et des dimensions très réduites, ce qui permet d'insérer dans le même câble un nombre très important de lignes.
- une grande légèreté
- une bonne résistance aux écarts de température

Inconvénients:

- le coût: même si la fibre optique elle-même ne coûte pas énormément cher c'est les convertisseurs lumière/binaire qui le sont.
- même si elle a une atténuation très faible, les pertes dues à la connexion, aux niveaux des raccords et au niveau de l'injection du faisceau lumineux, peuvent être très importantes si des précautions ne sont pas prises au niveau de l'installation et du choix du matériel. Les pertes peuvent être de plusieurs origines : pertes d'épissurage c'est à dire pendant les raccords des fibres ainsi que des pertes au niveau de l'émission et de la réception.

II°) Etude de cas : Liaisons Dakar-Thiès

Le déploiement d'une liaison à fibre optique prend en compte plusieurs paramètres. Ainsi nous allons nous focaliser sur une architecture qui découle d'un cahier de charge pour l'implémentation.

Etant donné que nous travaillons sur 10000Base-SX, nous utiliserons les paramètres suivants avec une lumière Laser DFB (1550 nm):

Puissance d'émission (dBm) = -6 dBm

Sensibilité du récepteur (dBm) = -30 à -45 dBm

Marge de la liaison = 30 dB

Perte connecteur LC (dB) = $4 \times 0,10$ dB

Perte de propagation (dB) pour OS2/1550
nm = 0.1 dB/km

Perte soudure = 0.2 dB

Touret de longueur = 5 km

➤ **Technopole à Diamniadio**

Distance entre Technopole et Diamniadio = 25 km

Perte soudure totale = $[(25/5)-1] \times 0.2 = 0.8$ dB

Puissance reçue = $-6 \text{ dBm} - 4 \times (0,10) \text{ dB} - 0.1 \text{ dB} \times 25 - 0.8 = -9.7$ dB

Ainsi Puissance reçue > Sensibilité ce qui nous donne une marge de 20.3 dB

➤ **Diamniadio à Thiès**

Distance entre Technopole et Diamniadio = 30 km

Perte soudure totale = $[(30/5)-1] \times 0.2 = 1$ dB

Puissance reçue = $-6 \text{ dBm} - 4 \times (0,10) \text{ dB} - 0,1 \text{ dB} \times 30 - 1 \text{ dB} = -10.4$ dB

Ainsi Puissance reçue > Sensibilité ce qui nous donne une marge de 19.6 dB

Les études précédentes sont pour le **réseau cœur**.

Pour le **réseau d'accès** nous utiliserons la même norme de fibre. Les paramètres à prendre en compte sont :

Puissance d'émission (dBm) = -6 dBm

Sensibilité du récepteur (dBm) = -30 à -45 dBm

Marge de la liaison = 30 dB

Perte connecteur LC (dB) = $4 \times 0,10$ dB

Perte de propagation (dB) pour OM4/1300nm = 3,5 dB/km

Touret de longueur = 5 km

➤ **Technopole au switch de l'ADIE**

Distance entre Technopole et au switch = 130 m

Puissance reçue = $-6 \text{ dBm} - 4 \times (0,10) \text{ dB} - 0.130 \times 3,5 \text{ dB} = -6.855$ dB

Ainsi Puissance reçue > Sensibilité ce qui nous donne une marge de 23.145 dB

➤ **Technopole au switch de l'ARTP**

Distance entre Technopole et au switch = 10.8 km

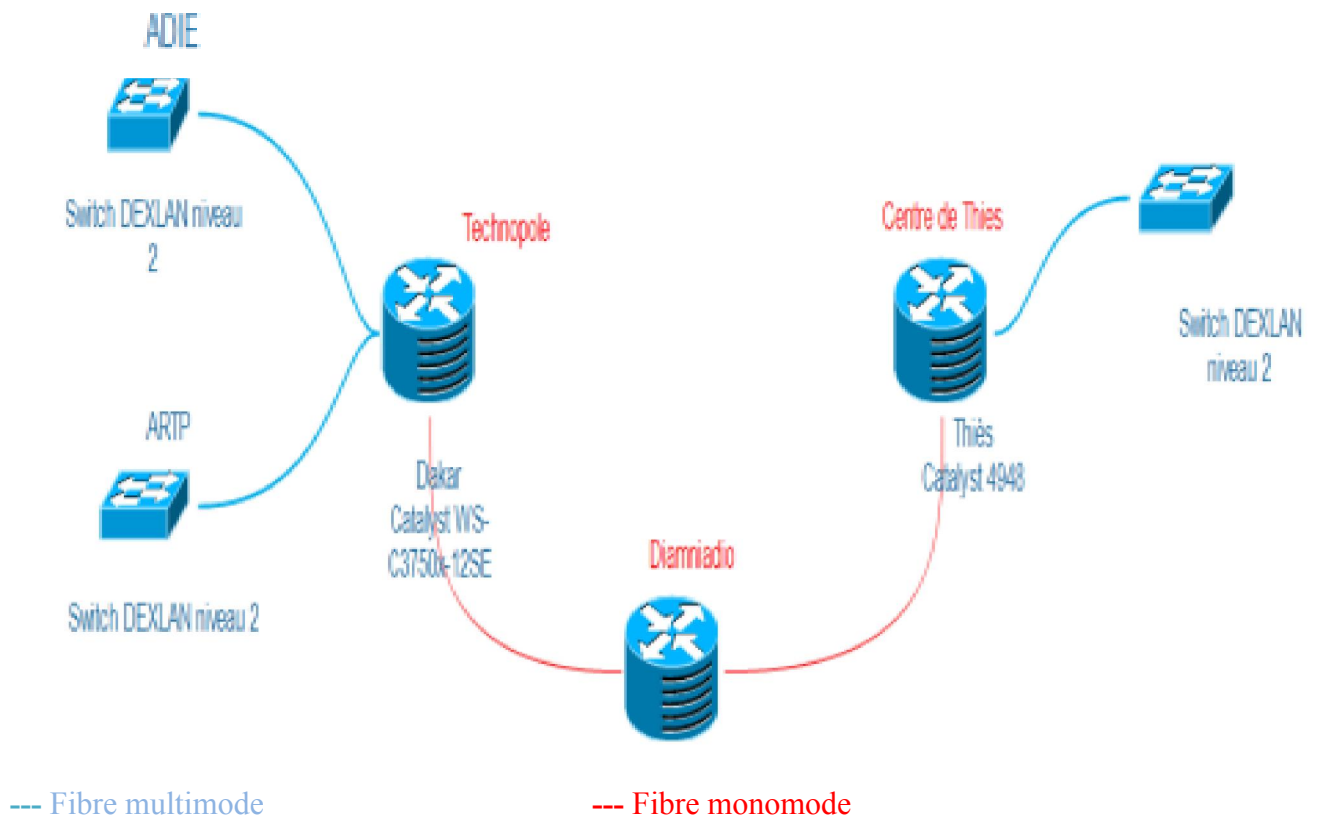
Puissance reçue = $-6 \text{ dBm} - 4 \times (0,10) \text{ dB} - 10.48 \times 3,5 \text{ dB} = -44.128$ dB

Ainsi Puissance reçue > Sensibilité ce qui nous donne une marge de 0.872 dB



Touret de fibre optique

ARCHITECTURE



ADIE= Agence de l'Informatique de l'Etat

ARTP= Agence de la Régulation des Télécommunications et des Postes

Le réseau ci-dessus représente l'architecture du réseau reliant Dakar à Thiès. Nous retrouvons un routeur central au niveau de Diamniadio, il est le cœur même du réseau backbone. Il est rattaché au routeur de Thiès grâce à une fibre monomode et aussi au routeur de Dakar qui se trouve à technopole de la même façon. La fibre monomode utilisé qui est de type OS2 offre un débit pouvant aller jusqu'à 10Gbps. Ensuite au niveau du réseau d'accès à Dakar, on y place 2 switches dont l'un sera dédié à l'ADIE et aux réseaux qu'il voudra interconnecter et l'autre à l'ARTP. Ces switches seront reliés au routeur de Dakar grâce à une fibre multimode de type OM4.

A Thiès, on y place un switch qui sera relié au routeur de Thiès aussi grâce à une fibre multimode de type OM4. La fibre multimode OM4 permettra d'assurer la continuité du débit c'est-à-dire 10Gbps.

Fibre	Type	Dimensions (micron)	Largeur de bande OFLBW (850 nm-1 300 nm)	Largeur de bande RML (850 nm)
OS1	Monomode	9 / 125	> 10 GHz•km (non spécifié)	> 10 GHz•km (non spécifié)
OS2	Monomode	9 / 125	> 10 GHz•km (non spécifié)	> 10 GHz•km (non spécifié)

Classe et caractérisation des fibres monomodes

Fibre	Type	Dimensions (micron)	Largeur de bande OFLBW (850 nm-1 300 nm)	Largeur de bande RML (850 nm)
OM1	Multimode	62,5 / 125	200-500 MHz•km	Non spécifié
OM2	Multimode	50 / 125	500-500 MHz•km	Non spécifié
OM3	Multimode	50 / 125	1 500-500 MHz•km	2 000 MHz•km
OM4	Multimode	50 / 125	3 500-500 MHz•km	4 700 MHz•km

Classe et caractérisation des fibres multimodes

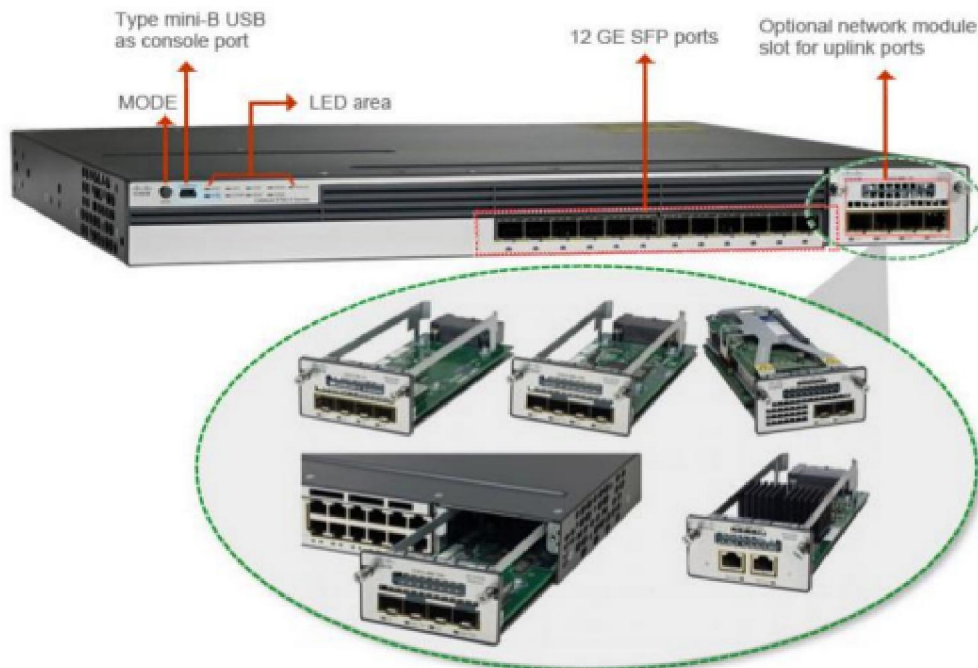
Switch DEXLAN

C'est un commutateur dont les fonctions d'administration permettent de structurer la communication du réseau. Il comporte au total 24 ports ; dont 8 ports RJ-45 10/100/1000 et 16 ports SFP (Small Form-Factor Pluggable).



Switch CATALYST WS-C3750X-S12-E

Au niveau de DIAMINADIO et DAKAR nous placerons les SWITCH de niveau 3 de type CATALYST WS-C3750X-S12-E. Il est constitué uniquement de 12 ports SFP et sera idéal pour interconnecter plusieurs réseaux optiques et même prévoir une extension dans le futur.



Switch CATALYST 4948

A THIES compte tenu du fait que tous les bâtiments publiques soient concentrés à un seul niveau, nous avons utilisé le model CATALYST 4948.



III°) Equipements et appareils de mesure

Des études soigneuses sont toujours à effectuer pour veiller aux transmissions continues des données. Alors des appareils sophistiqués sont disponibles pour la supervision du réseau.

Entre autre nous avons :

Le réflectomètre

Le *Réflectomètre* est un appareil qui envoie une impulsion optique dans la fibre.

Un écran permet de visualiser l'allure du signal réfléchi dans le verre. On peut ainsi mesurer avec précision la longueur de la liaison et les pertes engendrées à chaque connexion.

En outre, cet appareil est très utile pour localiser les coupures éventuelles de la fibre et pour identifier la connexion qui est la cause d'une trop grande perte optique.

Le *Réflectomètre* indique où se trouve la connexion défectueuse.

LES DIFFÉRENTES PLATEFORMES



OTDR SÉRIE MAX700



OTDR SÉRIE 700



OTDR SÉRIE 7000



LOGICIELS



BOBINE AMORCE



Le localisateur visuel

Le localisateur visuel **Exfo FLS-240** est un accessoire permettant d'identifier de manière évidente les coupures de fibre, macrocourbures, connecteurs ou épissures défailantes, ainsi que toute cause de perte de signal.

- détecte les défauts jusqu'à 5 km

- source rouge très brillante
- mode continu ou pulsé
- autonomie typique de 50 heures
- connecteur universel pour fêrle 2,5 mm ou 1,25 mm
- conception robuste : protection du connecteur en cas de chute et capuchon
- mousqueton



EXFO

DATA SHEET FLS-250

Inspection de fibre optique



Stylo de nettoyage IBC US Conec

Permet une décontamination efficace
des connecteurs et traversées



Sonde d'inspection optique Série Exfo FIP-400B

Fonction automatique de centrage du
connecteur pour le visualiser en face
avant



Logiciel d'analyse Exfo ConnectorMax

Analyse l'état de surface d'un
connecteur et fournit un résultats
succès / échec

Pince de trafic



**Pince de détection de trafic
Exfo LFD-250**

Pince disposant d'un moteur pas à pas et d'un contrôle de la perte induite sur la fibre



**Pincés d'identification Exfo
LFD-300/TG-300**

Permet d'identifier avec certitude une fibre active sans avoir à la déconnecter



**Pince de détection de trafic
Exfo LFD-200**

Fibre monomode ou multimode, n'endommage pas la fibre

Soudeuse fibre optique



**Soudeuse fibre optique
Sumitomo T-201**

Micro soudeuse tactile alignement gaine à gaine 1 axe pour les raccordements clients FTTH et les réseaux d'entreprises



**Soudeuse fibre optique
Sumitomo T-55**

Soudeuse tactile 1 four, alignement sur les cœurs, 3 axes, haute productivité



**Soudeuse fibre optique
Sumitomo T-71C+**

Soudeuse tactile 2 fours, alignement sur les cœurs, 3 axes, très haute productivité



**Soudeuse fibre optique
Sumitomo T-25eS (obsolète)**

Micro soudeuse tactile alignement gaine à gaine 1 axe pour les raccordements clients FTTH et les réseaux d'entreprises

Photomètres



Photomètre Exfo FPM-300

Wattmètre optique très simple d'utilisation et très complet



Photomètre Exfo FPM-600

Wattmètre optique ergonomique pour tous types de réseaux



Photomètre Exfo EPM-50

Wattmètre optique économique sans compromis sur la performance de mesure



Photomètre PON Exfo PPM-350C

Outil dédié pour le déploiement et maintenance des réseaux FFTH PON



GPON Tester Telnet

Destiné aux opérateurs télécoms et
aux installateurs de réseaux FTTH

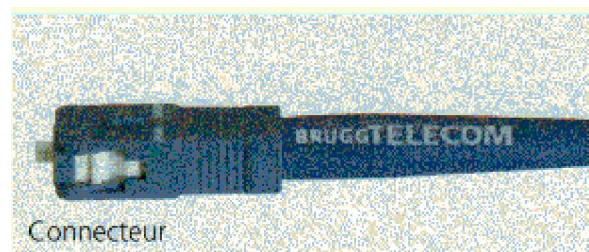
Connecteurs

Il existe nombre de connecteurs pour la fibre optique. Les plus répandus sont les connecteurs **ST** et **SC**. Pour les réseaux FDDI, on utilise les connecteurs doubles **MIC**.

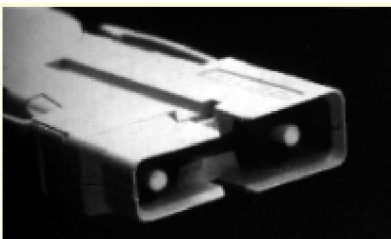
Il faut encore citer les connecteurs **SMA** (à visser) et les connecteurs **FCPC** utilisés pour la fibre monomode.



Connecteur ST



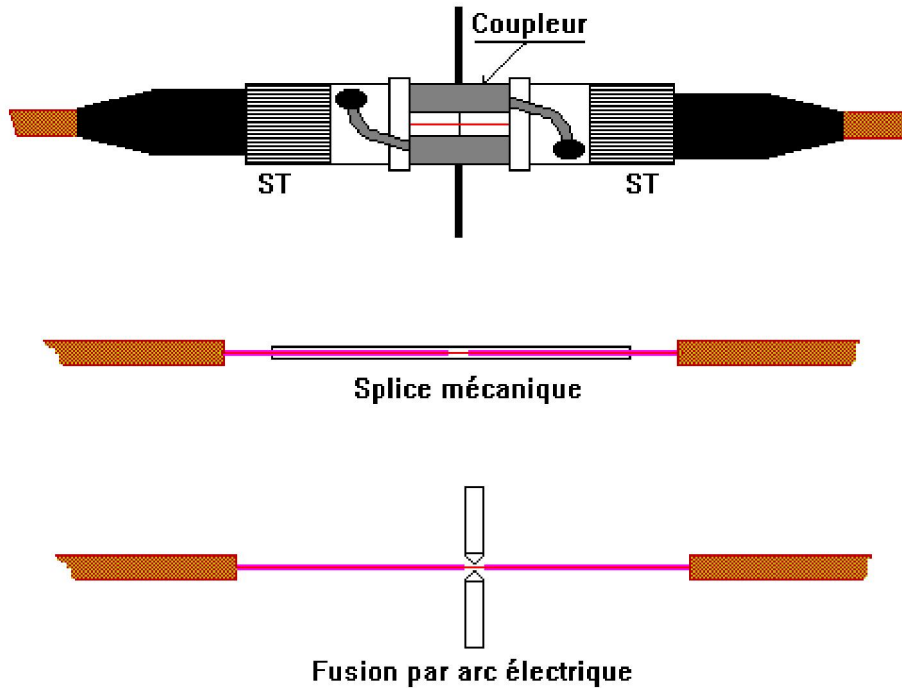
Connecteur SC



Connecteur FDDI ou MIC

Il y a plusieurs manières pour coupler de la fibre optique:

- Le couplage mécanique de deux connecteurs mis bout à bout au moyen d'une pièce de précision. Le dessin ci-dessous montre l'union de deux connecteurs ST, mais il existe des coupleurs ST/SC ou ST/MIC.
- Le raccordement par *Splice* mécanique qui est utilisé pour les réparations à la suite de rupture ou pour raccorder une fibre et un connecteur déjà équipé de quelques centimètres de fibre que l'on peut acquérir dans le commerce (*Pig tail*).
- La fusion au moyen d'un appareil à arc électrique appelé fusionneuse.



CONCLUSION

La fibre optique est un média incontournable pour des liaisons haut débit à l'ordre de plusieurs kilomètres. Ainsi elle permet dans un réseau de faire des applications multimédias avec une bonne qualité de service.

L'interconnexion de deux villes avec la fibre optique comme média, permet à l'information de circuler avec un débit très grand. Les grandes structures des villes y seront connectées. Aussi avec l'information qui est sous forme lumineuse, il y a moins d'interférences (insensibilité aux perturbations électromagnétique) et moins de perte et aussi une grande sécurité contre les intrusions.

La mise en place de la fibre optique requiert de la main d'œuvre qualifiée et un dimensionnement à cout élevé à cause du matériel.