

# DOSSIER MACHINE

<b>1 LA FIBRE OPTIQUE .....</b>	<b>1</b>
1.1 Généralités .....	1
1.2 Avantages.....	1
1.3 Constitution.....	1
1.4 Les différentes fibres optiques .....	2
1.4.1 Fibre monomode.....	2
1.4.2 Fibre multimode à saut d'indice.....	2
1.4.3 Fibre multimode à gradient d'indice.....	3
1.5 La transmission .....	3
1.5.1 Longueurs d'onde utilisées .....	3
1.5.2 Répartition du spectre.....	3
1.5.3 Caractéristiques des fibres.....	4
1.5.4 La réfraction.....	4
1.5.5 Le cône d'acceptance .....	5
<b>2 PERTURBATION ET CONTRAINTE .....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Jonction des fibres.....	6
2.1.2 Perturbation .....	6
2.1.3 Contrainte .....	7
<b>3 CLASSIFICATION DES FIBRES .....</b>	<b>7</b>
<b>4 MODE DE RACCORDEMENT .....</b>	<b>8</b>
4.1 La fusion.....	8
4.2 Les épissures mécaniques.....	8
4.3 Préparation de la fibre.....	9
4.4 Les connexions.....	9
<b>5 LES MESURES .....</b>	<b>11</b>
5.1 la photométrie .....	11
5.2 La réflectométrie.....	11
<b>6 LES RESEAUX.....</b>	<b>12</b>



## DOSSIER TECHNIQUE

### F1.1 - Présentation



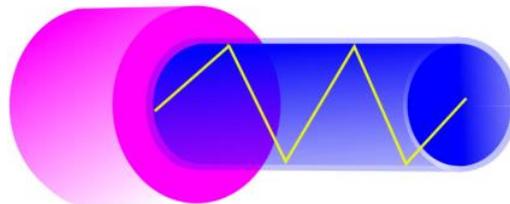
# 1 LA FIBRE OPTIQUE

## 1.1 Généralités

La fibre optique utilise le principe de la réflexion totale pour transporter la lumière. Ainsi le rayon lumineux qui arrive dans la fibre est réfléchi tout le long de la fibre suivant les lois de la réfraction.

C'est un guide d'onde optique de 2 ou plusieurs couches de diélectriques transparents d'indices de réfraction différents.

La télécommunication moderne font largement appel aux fibres optique



## 1.2 Avantages

Contrairement à la paire de cuivre et aux technologies xDSL qui subissent une atténuation importante au bout de quelques kilomètres, le signal de la fibre optique ne décline presque pas avec la distance (affaiblissement de l'ordre de 0.2 dB/km à comparer aux 15 dB/km du cuivre)

Les débits atteints des réseaux en entreprise atteignent 10 Gbit/s. Ils peuvent être à 40Gbit/s pour les réseaux de transports et 100 Gbit/s pour les réseaux type Datacenter.

## 1.3 Constitution

1 Le cœur en silice de 9µm à 62.5µm

2 La gaine en silice

3 Le revêtement de protection en polymère 250µm



Les couches 1 et 2 sont actives, la zone 3 est une couche de protection

## 1.4 Les différentes fibres optiques

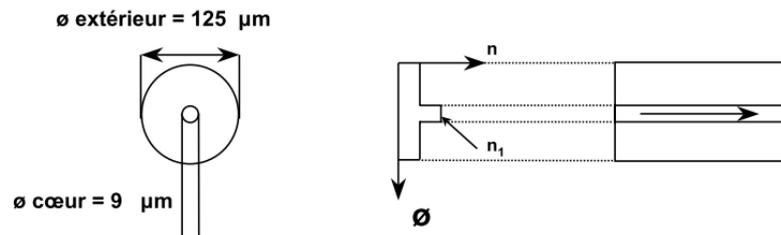
On distingue 3 types de fibres selon le mode de propagation des rayons.

### 1.4.1 Fibre monomode

(Débit 100Gbit/s - portée max : 100km - affaiblissement 0.5dB/km )

Fibre a faible diamètre de cœur, le rayon lumineux est guidé par la fibre, il n'y a pas de réflexion sur la gaine optique.

Seuls les rayons placés dans l'axe du cœur de la fibre sont transmis. Ceci nécessite une grande puissance lumineuse de l'émetteur. Elle est généralement utilisée dans des connexions réseau longue distance (Liaison inter-continent).

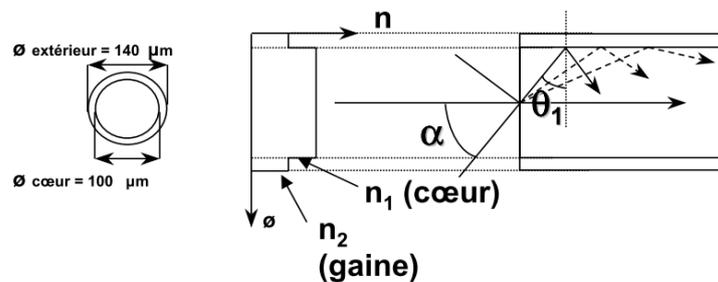


### 1.4.2 Fibre multimode à saut d'indice

(Débit 100Mbit/s - portée max : 2km - affaiblissement 10dB/km)

La propagation se fait par réflexions successives la lumière se propage suivant plusieurs « modes » elle peut suivre plusieurs trajets à l'intérieur du cœur

Dans ce cas de figure, les rayons ne se propagent pas tous selon le même chemin, ce qui entraîne un étalement des impulsions. Celles-ci risquent de se chevaucher en sortie de liaison. C'est la fibre la plus ordinaire on la retrouve dans les réseaux locaux.



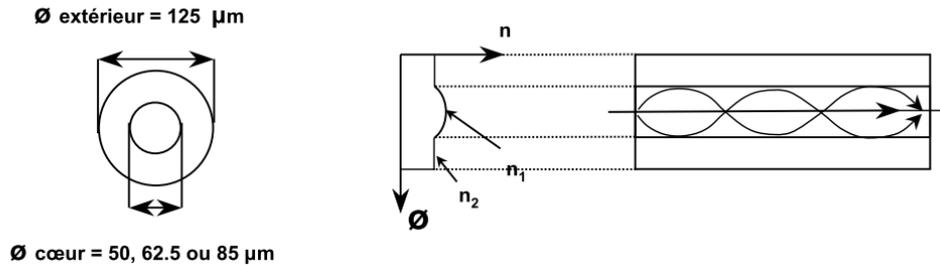
### 1.4.3 Fibre multimode à gradient d'indice

(Débit 1Gbit/s - portée max : 2km - affaiblissement 10dB/km)

Le cœur est constitué de couches successives, à indice de réfraction progressif et fait décroître sa valeur du cœur vers la gaine.

Ainsi, un rayon lumineux divergent est redirigé progressivement vers le centre

C'est la plus utilisée pour les liaisons informatiques (réseaux LAN).

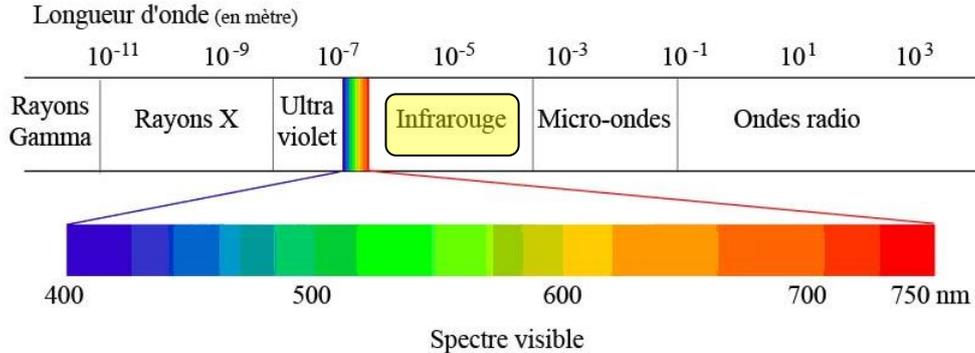


## 1.5 La transmission

### 1.5.1 Longueurs d'onde utilisées

La couleur émise est exprimée en longueur d'onde dont l'unité est le nm (nano mètre). Les longueurs d'onde utilisées pour la communication se situent dans le domaine de l'infrarouge.

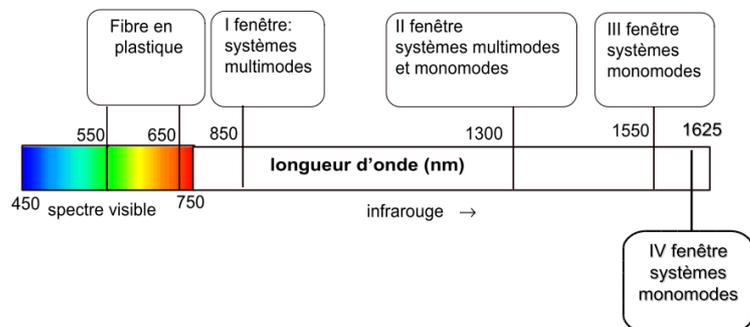
**⚠ Danger car non visible**



### 1.5.2 Répartition du spectre

Les longueurs d'onde standards sont :

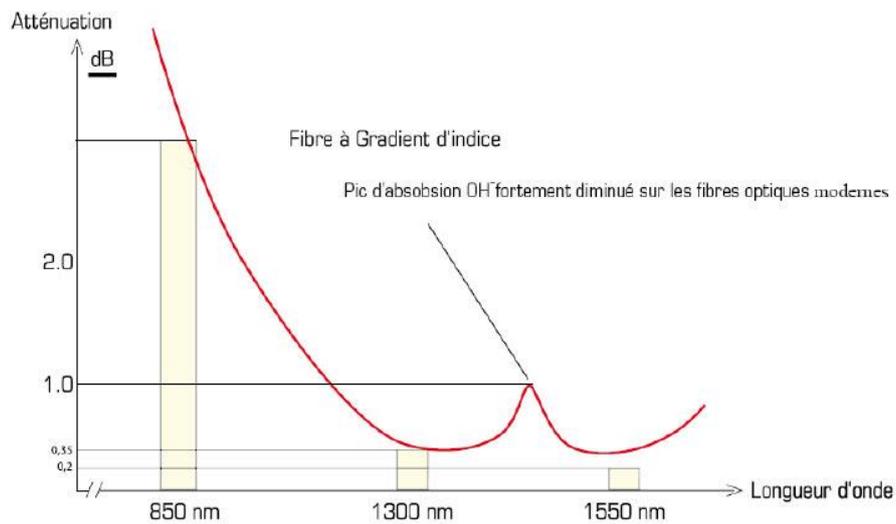
- Pour les fibres multimodes : 850 et 1300nm
- Pour les fibres monomodes : 1310 et 1550nm



### 1.5.3 Caractéristiques des fibres

Pour la fibre à gradient d'indice, la courbe d'atténuation spectrale (en dB/km) donne l'affaiblissement de la fibre sur une plage de longueurs d'onde, les valeurs retenues optimisent les caractéristiques des verres utilisés pour la fabrication de cette fibre.

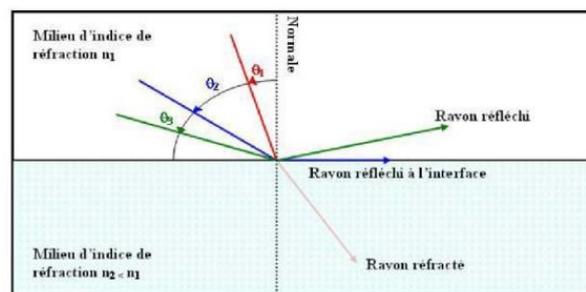
Courbe d'atténuation en fonction de la longueur d'onde



### 1.5.4 La réfraction

La lumière traverse ou est réfléchi par l'interface entre 2 milieux en fonction de son angle d'incidence.

Le faisceau de lumière est contenu dans la fibre grâce au changement de milieu entre la gaine et le cœur dont l'indice de réfraction est favorisé par le faible diamètre de cœur.

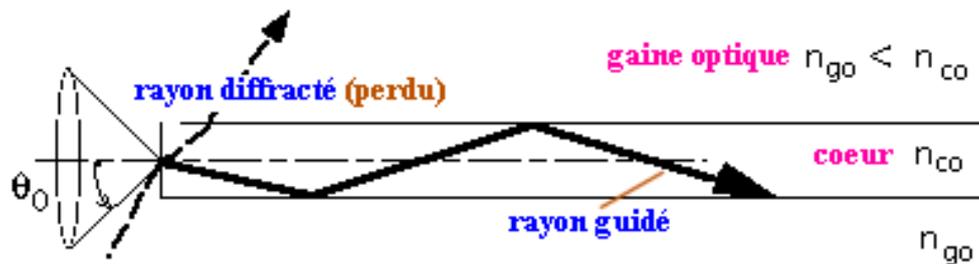


### 1.5.5 Le cône d'acceptance

Le rayon guidé va donc subir une réflexion totale à l'interface des 2 couches optiques

En entrée le rayon hors du cône d'acceptance sera réfracté dans la fibre puis à l'interface des 2 couches, il passera alors dans la gaine et sera perdu.

L'angle d'acceptance permet de définir ce qu'on appelle l'ouverture numérique de la fibre, qui dépend des indices des couches optiques.



En général, l'ouverture numérique est voisine de 0,2 soit un angle  $\theta$  de  $12^\circ$ , ce qui donne une tolérance d'alignement de  $24^\circ$  pour une fibre multimode de  $62,5/125 \mu\text{m}$

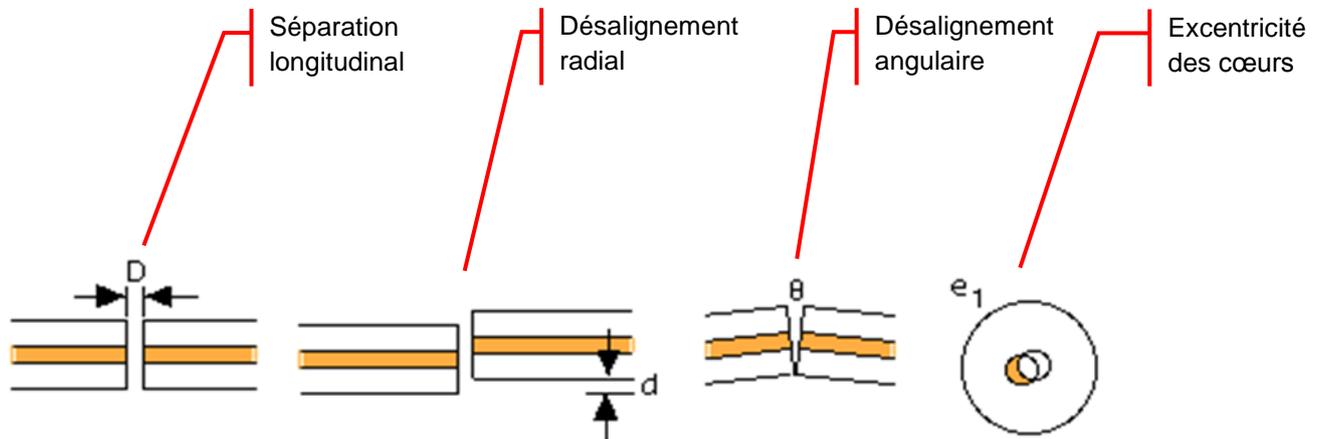
Cette propriété facilite le raccordement de fibres entre elles

- 📌 Pour un complément d'information consultez sur le CD les documents « [Catalogue FO Silec FR 9](#) » et « [LA FIBRE OPTIQUE ITOCHU](#) » dans le dossier ressource du répertoire DTFF10

## 2 PERTURBATION ET CONTRAINTE

### 2.1.1 Jonction des fibres

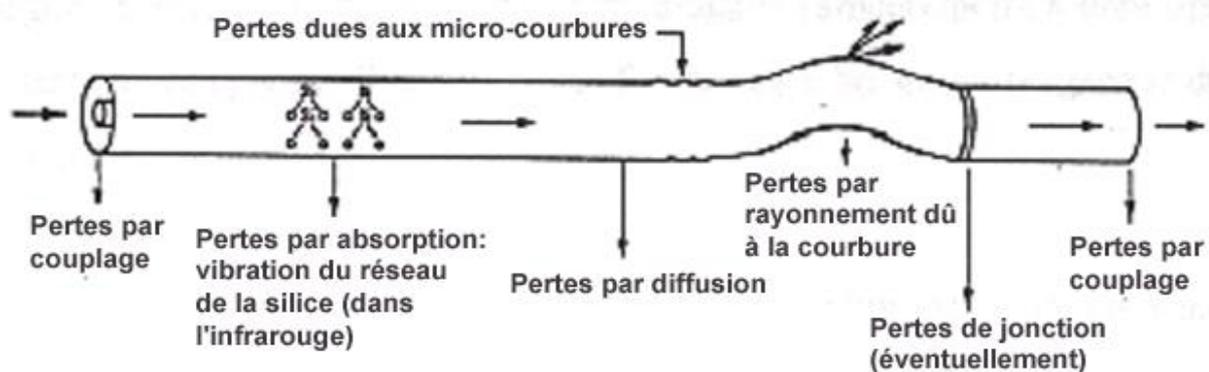
Lors d'une jonction de 2 fibres une mauvaise connexion peut engendrer un affaiblissement trop important



- 📌 Pour un complément d'information voir le document sur le CD « Comprendre la fibre Amphérol » dans le dossier ressource du répertoire DTFF10

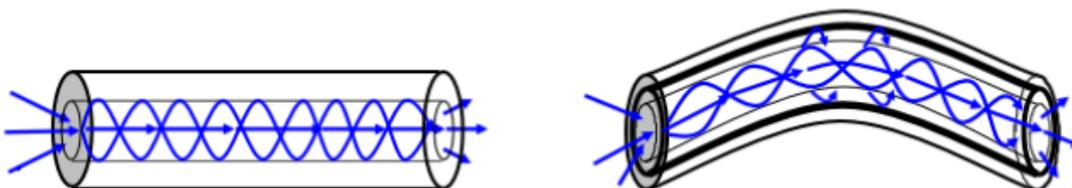
### 2.1.2 Perturbation

Lors de l'installation d'une fibre des pertes si les règles de mise en œuvre ne sont pas respectées, qui ont pour conséquence un affaiblissement du signal



### 2.1.3 Contrainte

Un rayon de courbure trop faible va perturber le cheminement du flux, d'où un affaiblissement du signal, d'autre part si la contrainte va au delà des préconisations du fabricant il peut se produire des micro fissures dans le verre.



## 3 CLASSIFICATION DES FIBRES

Les fibres multimodes existent en quatre qualités :

OM1, OM2, OM3, OM4, en ordre croissant de performance. Le cœur OM1 est un peu plus épais alors que les trois autres qualités sont de la même taille. Les équipements actifs acceptent généralement indifféremment les quatre qualités. Par contre, en cas de raccord entre deux câbles optiques ou entre un câble optique et une jarretière (cordon de raccordement), OM1 n'est compatible qu'avec lui-même. OM2, OM3 et OM4 sont intercompatibles, même s'il semble logique de conserver la même qualité. OM2 étant actuellement la qualité la plus produite, elle est généralement la moins chère.

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
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)

Distance maximale selon le débit et le protocole

Protocole	Débit	Source	OM1	OM2	OM3	OM4	OS1-OS2
100BaseFX	100 Mb/s	LED @ 850 nm	5 000 m	5 000 m	5 000 m	5 000 m	> 20 km
1000BaseSX	1 Gb/s	VCSEL @ 850 nm	275 m	550 m	1 000 m	1 100 m	NA
1000BaseLX	1 Gb/s	LASER @ 1 300 nm	550 m	550 m	550 m	600 m	5 000 m
10G BaseSR	10 Gb/s	VCSEL @ 850 nm	33 m	82 m	300 m	550 m	NA
10G BaseLX4	10 Gb/s	CWDM @ 1 300 nm	300 m	300 m	300 m	300 m	NA
10G BaseLRM	10 Gb/s	LASER @ 1 300 nm	220 m	220 m	220 m	220 m	NA
40G BaseSR4	40 Gb/s	VCSEL @ 850 nm	NA	NA	100 m	125 m	NA
100G BaseSR10	40 Gb/s	VCSEL @ 850 nm	NA	NA	100 m	125 m	NA

Les câbles se caractérisent aussi par leurs rayons de courbure adaptée selon le type d'installation.

## 4 MODE DE RACCORDEMENT

La jonction des fibres peut être soudée par fusion ou par épissure mécanique en respectant la classe des fibres.

### 4.1 La fusion

Une soudeuse optique permet de réaliser une jointure de manière définitive, La fusion est effectuée en assurant un alignement automatique des 2 fibres avec un contrôle visuel par caméra la fusion est effectuée par un arc électrique.

La protection mécanique est assurée par une gaine thermo-rétractable renforcée

La perte de signal attendue par une fusion est de l'ordre de 0.25dB



[Voir document](#)

### 4.2 Les épissures mécaniques

L'épissage mécanique se réalise via un composant qui aligne et maintient en contact les fibres préparées.

Elle assure la liaison optique et le maintien mécanique pour les fibres les plus courantes .

Fibre Monomode 9/125µm,

Fibre multimodes 62.5 et 50/125µm, Revêtement à 250µm



[Voir document](#)



### 4.3 Préparation de la fibre

Il faut manipulé une fibre précaution un pliage crée des microfissures, voir une cassure.

La phase dénudage et clivage (cassure net obtenu avec une cliveuse) sont à réalisé avec soin propreté car un affaiblissement du signal est attendre si des impuretés sont présentes sur l'extrémité de la fibre lors de la soudure.

À chaque jonction de deux fibres, l'excentricité, les rayures et les salissures induisent que des portions de la lumière émise soient réfléchies au point de jonction



 [Voir document](#)

### 4.4 Les connexions

Les connecteurs sont principalement utilisés en FTTH pour le brassage opérateur clients et le raccordement final client, les plus utilisés sont le SC, le ST et le LC.

Pour les connecteurs optiques courants (SC, ST, LC), la liaison ne se fait pas via une fiche mâle et une prise femelle. Ce sont 2 fiches mâles qui sont mises en correspondance (alignées) via un raccord également appelé traversée. Le diamètre des férules des fiches SC ou ST est de 2,5 mm ; celui des prises LC est de 1,25 mm.

Le connecteur SC a un mécanisme de verrouillage push-pull qui prévoit l'insertion et l'enlèvement rapide. Il s'utilise avec les fibres optiques monomodes et multimodes.



Le connecteur SC APC est conçu pour la fibre monomode dont la férule à un angle de 8° ce qui améliore la transmission du signal par rapport à une férule taillé perpendiculairement.



Affaiblissement théorique attendu lors de la mise en œuvre de la fibre

Type de composant	Notation	Valeurs de pertes maximales en dB
Fibre monomode à 1310 nm ou 1550nm	ILfibre	0,36 dB/km à 1310nm 0,23 dB/km à 1550nm
Fibre multimode 50/125µm à 850 nm ou 1300nm	ILfibre	3,2 dB/km à 850nm 1,3 dB/km à 1300nm
Valeur de soudure (indépendamment de la longueur d'onde)	ILsoud	0,15 dB
Valeur de connecteur pour cordon ou câble préconnectorisé (indépendamment de la longueur d'onde)	ILconn	0,5 dB
Valeur de connecteur pour pigtail soudé (valeur soudure + fiche) (indépendamment de la longueur d'onde)	ILconn	0,5 dB
Valeur d'épissure mécanique (indépendamment de la longueur d'onde)	ILméc	0,3dB
Cas des liens monomodes : comparaison de valeur de perte d'un événement à 1550nm et à 1310nm	Contrainte	ILxxx à 1550 nm < (ILxxx à 1310nm +0,1 dB) ILxxx correspond à la perte ILsoud, ILconn ou ILméc
Réflectance connecteur finition PC (multimode)	RLpc	-30 dB
Réflectance connecteur finition UPC (monomode)	RLupc	-50 dB
Réflectance connecteur finition APC (monomode)	RLapc	-60 dB

## 5 LES MESURES

### 5.1 la photométrie

La mesure d'affaiblissement du cumul des pertes se réalise par insertion et permet de valoriser l'affaiblissement d'un lien optique.

Mesurer cette perte permet d'obtenir le bilan optique d'une liaison.

Un émetteur et un récepteur sont raccordés à chaque extrémité de la portion à contrôler avec un étalonnage préalable.



### 5.2 La réflectométrie

La mesure de réflectométrie permet d'obtenir l'état d'une liaison en qualifiant l'ensemble des événements la constituant : les soudures, les connecteurs, la fibre...

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.

Elle permet au prestataire d'assurer la conformité du lien par rapport au cahier des charges de son client.

Cette mesure passive est réalisée sur un tronçon sans équipement actif aux longueurs d'onde d'utilisation de la fibre optique.

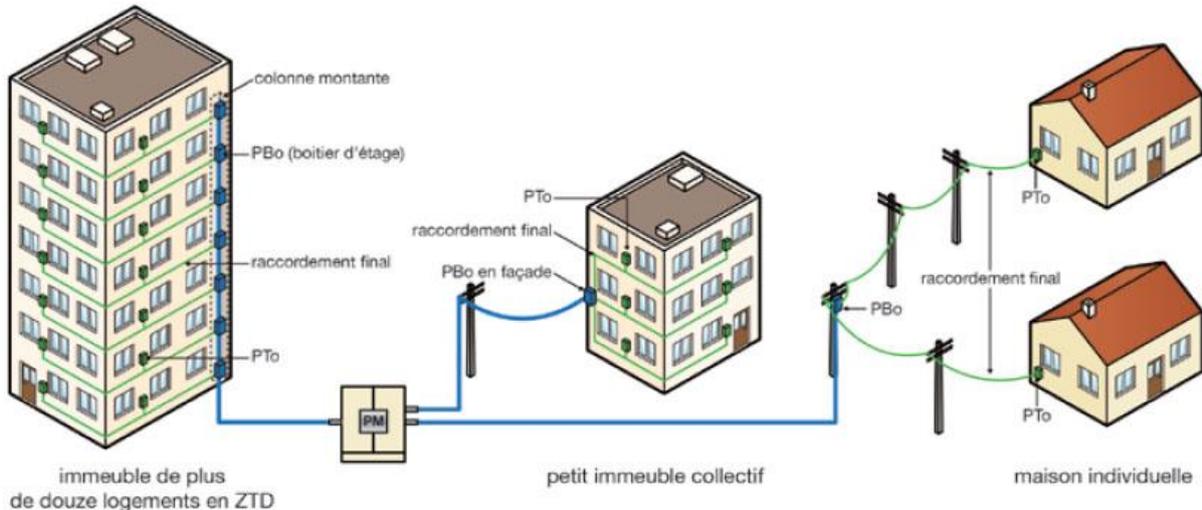
Dans le cas d'une surveillance de réseau (avec équipements actifs), la mesure par réflectométrie sera réalisée à une longueur d'onde spécifique 1625 ou 1650nm.



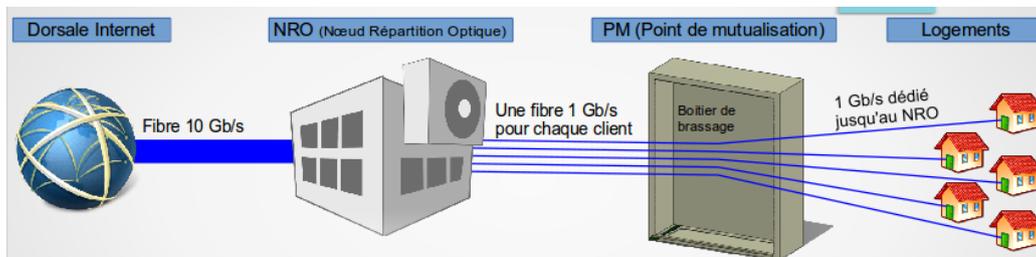
## 6 LES RESEAUX

FTTH est l'acronyme anglais de Fiber To The Home que l'on peut traduire en français par "fibre jusqu'au domicile". L'abonné est alors directement raccordé par une fibre optique de "bout en bout". Une fibre est tirée entre le nœud de raccordement optique (NRO) et l'intérieur du logement pour être raccordée à un modem.

### Le raccordement final des différents types d'immeubles (y compris la maison individuelle) :



Le FTTH dédié (Point à point ou **P2P**) permet à chaque abonné de disposer de sa propre fibre de chez lui jusqu'au nœud de raccordement optique (NRO) équipé par son fournisseur d'accès. Techniquement, c'est la solution la plus évolutive puisque le FAI peut contrôler davantage les débits et augmenter si besoin la bande passante. Par contre, le FTTH dédié coûte plus cher.



Le FTTH partagé (Point à multi-points ou GPON) est un dispositif différent. La fibre optique entre l'abonné et le NRA est partagée grâce à un répartiteur supplémentaire installé en amont. Bref, la fibre en provenance du NRO est divisée ensuite pour que chaque abonné obtienne le très haut débit. Cette solution est moins coûteuse à mettre en œuvre, mais elle ne permet pas d'ajuster facilement le débit.

