

Réseaux Optiques

MAÎTRISER LA FIBRE

**Guide pratique pour administrateurs
réseaux et ingénieurs télécoms**



Plan de la présentation

Introduction

- 1) Définition d'une fibre (fabrication, différents types etc...)
- 2) Les fibres dans les différentes zones réseau.
- 3) Le multiplexage des données.
- 4) La modulation, la détection et l'amplification des signaux.
- 5) Les évolutions des systèmes optiques et la recherche actuelle.

Introduction

- ❑ Un réseau suppose plusieurs équipements informatiques (ordinateurs fixes ou portables, divers équipements électroniques, téléphones, assistants numériques personnels...) situés à distance les uns des autres.
- ❑ La première chose à mettre en œuvre pour constituer le réseau est la transmission des informations d'un équipement à l'autre : on utilise des supports de transmission.

-
- ❑ À chaque nature de support correspond une forme particulière du signal qui s'y propage.
 - ❑ Il faut fabriquer les signaux, grâce à l'équipement appelé modem. Les techniques de transmission et l'interface entre ordinateur et modem sont normalisées pour assurer l'interopérabilité des équipements.

Les supports de transmission

Les supports de transmission sont nombreux.

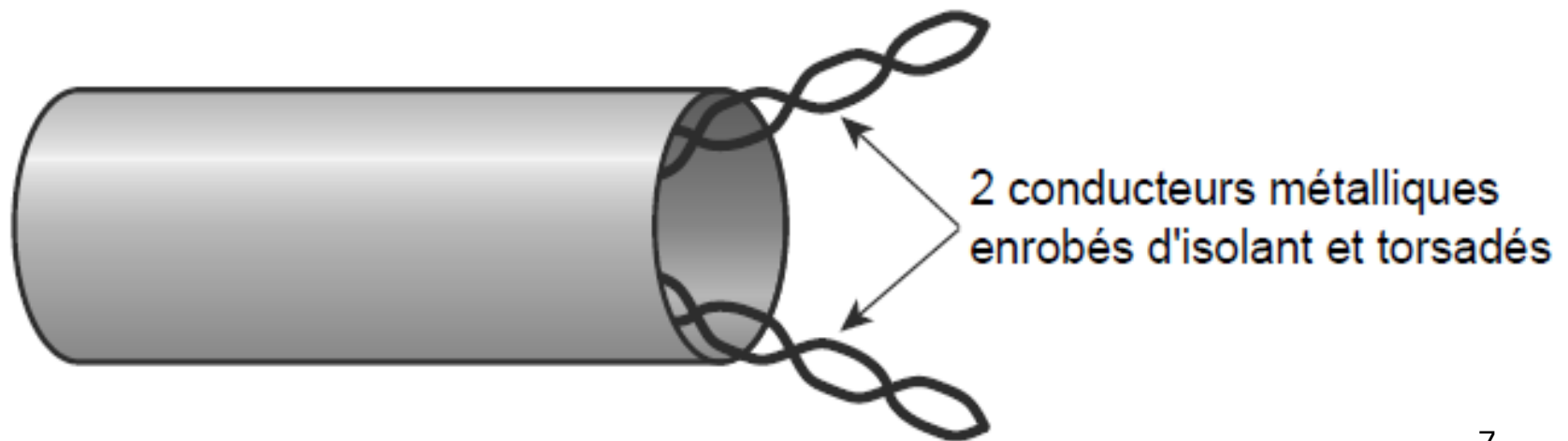
Parmi ceux-ci, on distingue :

- les supports métalliques,
- non métalliques
- et immatériels.

-
- ❑ Les supports métalliques, comme les paires torsadées et les câbles coaxiaux, sont les plus anciens et les plus largement utilisés ; ils transportent des courants électriques.
 - ❑ Les supports de verre ou de plastique, comme les fibres optiques, transmettent la lumière,
 - ❑ les supports immatériels des *communications sans fil* propagent des ondes électromagnétiques et sont en plein essor.

a) Paires torsadées

- Une *paire torsadée non blindée (UTP, Unshielded Twisted Pair)* se compose de deux conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés de façon hélicoïdale autour de l'axe de symétrie longitudinal .



-
- L'enroulement réduit les conséquences des inductions électromagnétiques parasites dues à l'environnement.
 - L'utilisation courante de la paire torsadée est le raccordement des usagers au central téléphonique (la *boucle locale*) ou la desserte des usagers de réseaux privés.

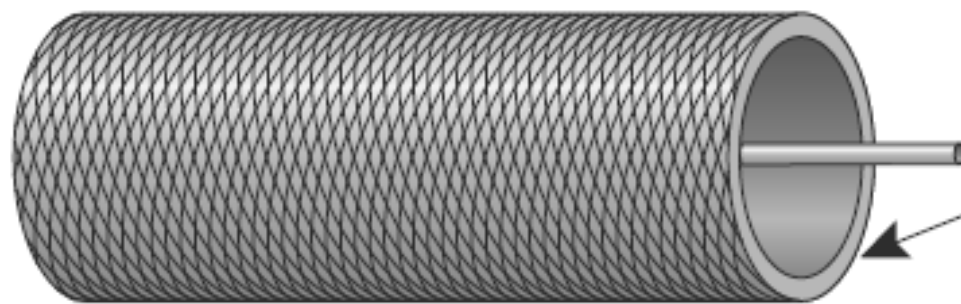
-
- ❑ Son principal inconvénient est l'affaiblissement des courants, d'autant plus important que le diamètre des conducteurs est faible.
 - ❑ Les paires torsadées contiennent, à intervalles réguliers, des *répéteurs qui régénèrent les signaux*. Quand plusieurs paires sont rassemblées dans un même câble, les courants transportés interfèrent les uns avec les autres. Ce phénomène est appelé *diaphonie*.

-
- ❑ La paire torsadée suffit pour les réseaux locaux d'entreprise où les distances se limitent à quelques kilomètres.
 - ❑ Ses avantages sont nombreux : technique maîtrisée, facilité de connexion et d'ajout de nouveaux équipements, faible coût.
 - ❑ Certains constructeurs proposent des *paires torsadées blindées (STP, Shielded Twisted Pair)* enrobées d'un conducteur cylindrique, elles sont mieux protégées des rayonnements électromagnétiques parasites.
 - ❑ ~~Une meilleure protection prévoit un blindage par~~ paire.

b) Câble coaxiaux

- ❑ Pour éviter les perturbations dues aux bruits externes, on utilise deux conducteurs métalliques cylindriques de même axe séparés par un isolant.
- ❑ Le tout forme un *câble coaxial* (voir figure). Ce câble présente de meilleures performances que la paire torsadée : affaiblissement moindre, transmission de signaux de fréquences plus élevées, etc.

-
- ❑ La capacité de transmission d'un câble coaxial dépend de sa longueur et des caractéristiques physiques des conducteurs et de l'isolant.
 - ❑ Sur 1 km, un débit de plusieurs centaines de Mbit/s peut être atteint.
 - ❑ Sur des distances supérieures à 10 km, l'atténuation des signaux réduit considérablement les débits possibles. C'est la raison pour laquelle on utilise désormais les fibres optiques sur les liaisons grandes distances.



2 conducteurs métalliques
cylindriques de même axe
séparés par un isolant

Gaine extérieure isolante
(blindée ou non)

Transmissions sans fils

- Les ondes électromagnétiques se propagent dans l'atmosphère ou dans le vide (le terme d'*éther* désigne parfois ce type de support). L'absence de support matériel apporte une certaine souplesse et convient aux applications comme la téléphonie ou les télécommunications mobiles, sans nécessiter la pose coûteuse de câbles.

Faisceaux hertziens

- ❑ Les *faisceaux hertziens* reposent sur l'utilisation de fréquences très élevées (de 2 GHz à 15 GHz et jusqu'à 40 GHz) et de faisceaux directifs produits par des antennes directionnelles émettant dans une direction donnée.
- ❑ La propagation des ondes est limitée à l'horizon optique ; la transmission se fait entre des stations placées en hauteur, par exemple au sommet d'une colline, pour éviter les obstacles dus aux constructions.

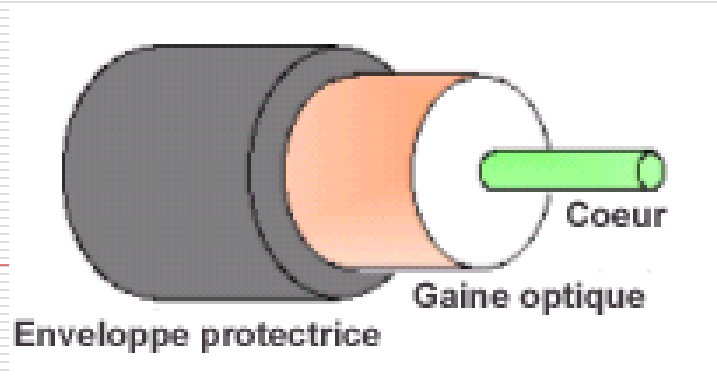
-
- Les faisceaux hertziens s'utilisent pour la transmission par satellite, pour celle des chaînes de télévision ou pour constituer des artères de transmission longues distances dans les réseaux téléphoniques.

Ondes radioélectriques

- ❑ Les *ondes radioélectriques* correspondent à des fréquences comprises entre 10 kHz et 2 GHz.
- ❑ Un émetteur diffuse ces ondes captées par des récepteurs dispersés géographiquement.
- ❑ Contrairement aux faisceaux hertziens, il n'est pas nécessaire d'avoir une visibilité directe entre émetteur et récepteur, car celui-ci utilise l'ensemble des ondes réfléchies et diffractées.
- ❑ En revanche, la qualité de la transmission est moindre car les interférences sont nombreuses et la puissance d'émission est beaucoup plus faible.

1) Définition d'une fibre

- Un guide d'onde optique de 2 ou plusieurs couches de diélectriques transparents (verre ou plastique) d'indices de réfraction différents.
- Un matériau est **diélectrique** s'il ne contient pas de charges électriques susceptibles de se déplacer de façon macroscopique. Autrement dit, c'est un milieu qui ne peut pas conduire le courant électrique. À ce titre, on l'appelle parfois **isolant électrique**. On compte parmi ces milieux : le vide, le verre et de nombreux plastiques.





Soudeuse optique



1) Définition d'une fibre – 2 types.

- ❑ Il est à noter qu'il existe deux types de fibres optiques définies de la façon suivante:
- ❑ ***La fibre monomode***
 - Si le cœur de la fibre est de l'ordre de quelques microns, la lumière s'y propage selon un seul mode, c'est une fibre dite monomode.
 - Utilise un laser.
- ❑ ***La fibre multimode***
 - si par contre le cœur est de l'ordre de plusieurs dizaines de microns → fibre multimodale → propagation de la lumière plus complexe avec phénomènes de dispersion plus importants.
 - Utilise une diode.

1) Définition d'une fibre – Transmission.

□ Nombreux atouts par rapport aux câbles en cuivre :

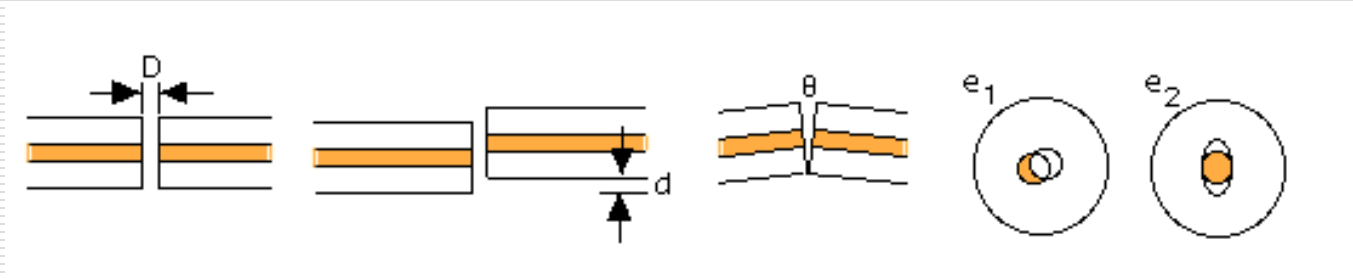
- Débits très élevés,
- Légèreté,
- Encombrement moindre,
- Insensibilité aux perturbations électromagnétiques,
- Résistance à la corrosion...

1) Définition d'une fibre – Connexions.

- ❑ → Une fibre ne peut pas mesurer plusieurs kilomètres pour relier un réseau de bout en bout.
 - ❑ Exemple: pour relier Europe et USA, plusieurs fibres sous-marines ont été posées et ont du être soudées entre elles.
 - ❑ On appelle les extrémités sectionnées des fibres des épissures.
- ➔ Risque ????

1) Définition d'une fibre – Connexions.

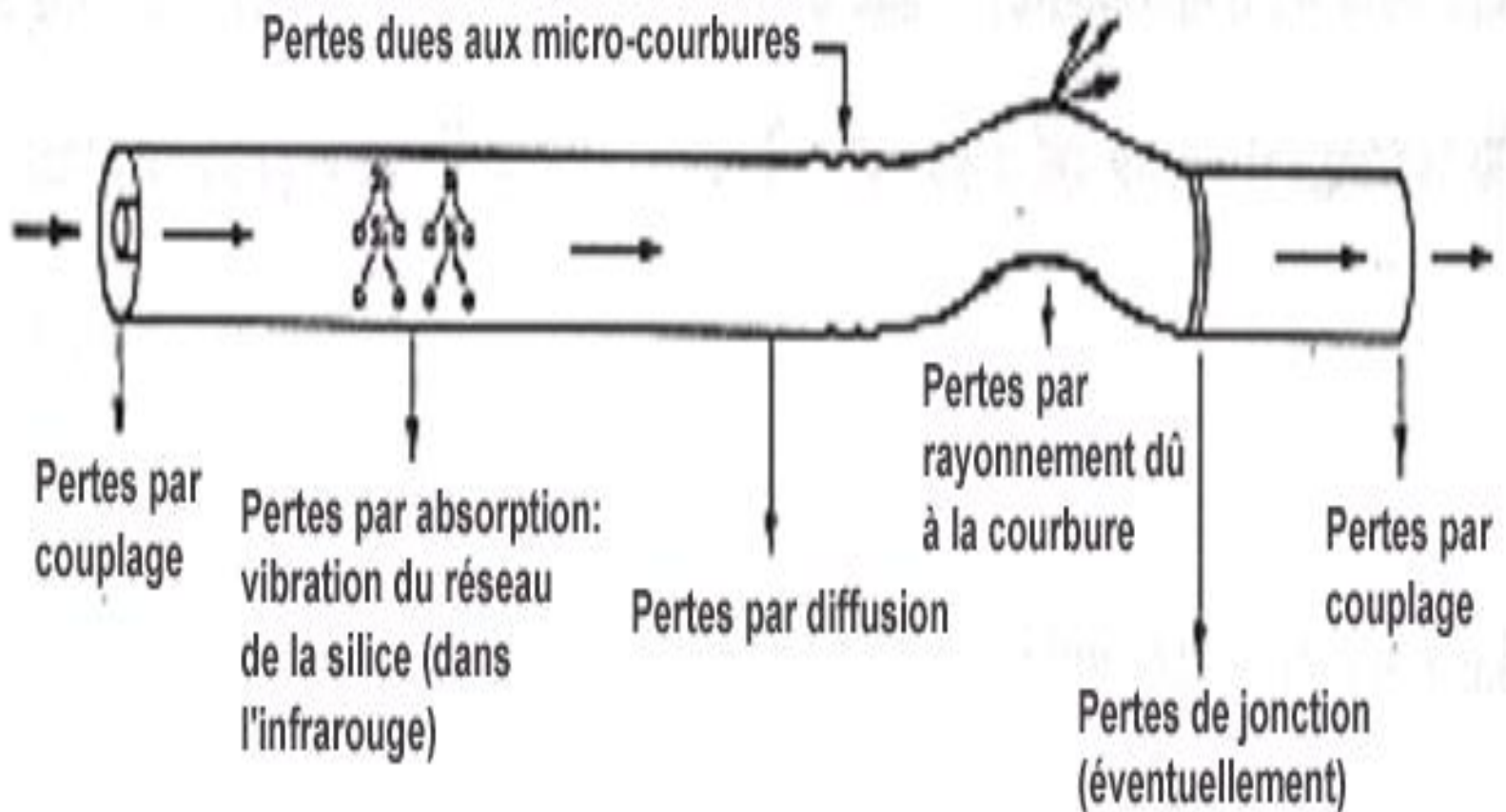
- Lors d'une connexion bout à bout on peut avoir au niveau des connexions:
 - une séparation longitudinale ,
 - un désalignement radial ,
 - un désalignement angulaire ,
 - une excentricité des coeurs ,
 - voire une ellipticité des coeurs .
- Le positionnement idéal coïncide évidemment avec un maximum de lumière transmise.



1) Définition d'une fibre – Connexions.

- ❑ Dès lors, on perçoit un problème important → L'affaiblissement du signal au passage dans ces épissures si celles-ci ne sont pas bien calées ou sont mal soudées.
- ❑ Plusieurs sources d'affaiblissement.

Voir la figure :



2) Les fibres dans les différentes zones réseaux.

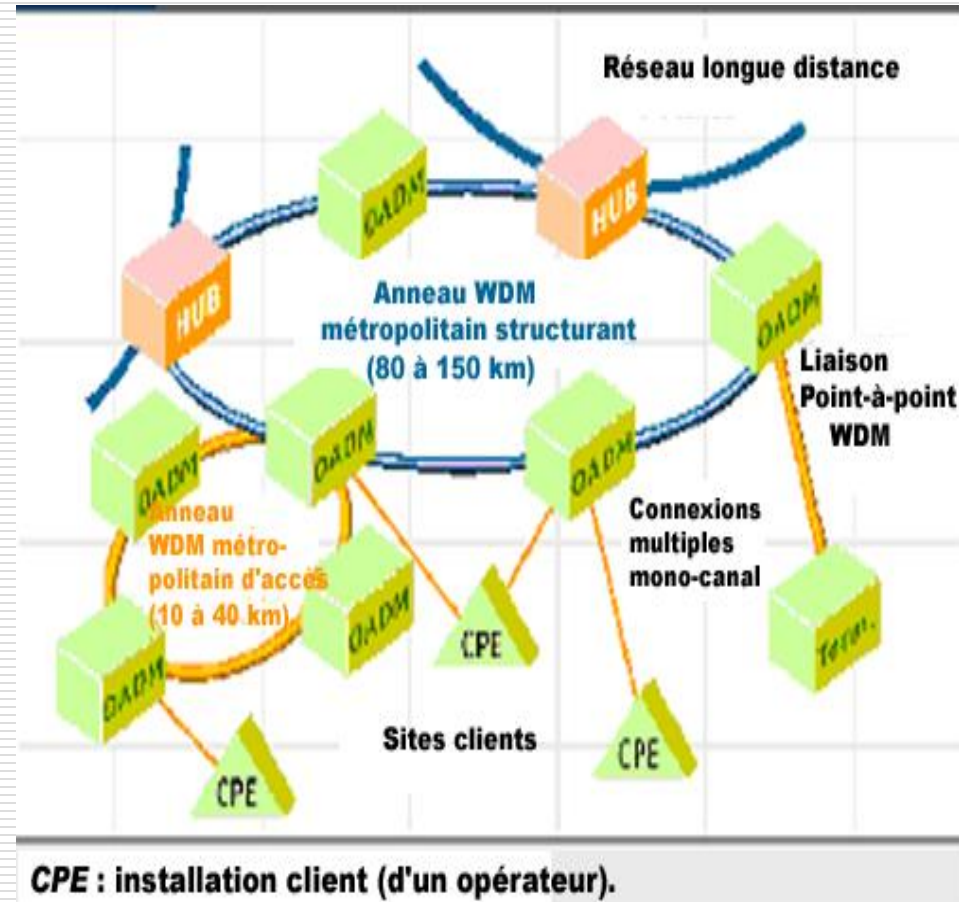
- Dans le monde de l'informatique et des télécommunications, 3 zones principales, ou types de réseaux, ont été définies:
 - Les réseaux longues distances (WAN, Wide Area Network). Ce sont les réseaux déployés à l'échelle d'un pays ou d'un continent et dont les noeuds sont de très grands centres urbains.
 - Les réseaux métropolitains (Metropolitan Area Network = MAN) qui correspondent aux réseaux mis en oeuvre dans une grande ville.
 - Les réseaux locaux (Local Area Network = LAN). Ils représentent le dernier maillon et finissent d'acheminer les informations à l'abonné.

2) Les fibres dans les différentes zones réseaux - WAN

- ❑ Interconnecte deux réseaux séparés par une vaste distance géographique grâce à deux autocommutateurs à autonomie d'acheminement.
- ❑ La transmission des informations se fait désormais sur fibre optique à un débit élevé qui ne cesse d'augmenter (les débits 2,5 Gbits/s et 30 Gbits/s sont déjà installés)
- ❑ Les fibres ont permis de gagner en débit et en distance entre répéteurs par rapport aux systèmes existants, à savoir le câble coaxial (la distance passe de 2 à 100 km).

2) Les fibres dans les différentes zones réseaux - MAN

- Le réseau métropolitain connaît un véritable essor. Il possède un environnement souvent très complexe et divers. On peut distinguer 2 types de réseaux métropolitains:
 - Métropolitains structurants,
 - Métropolitains d'accès.



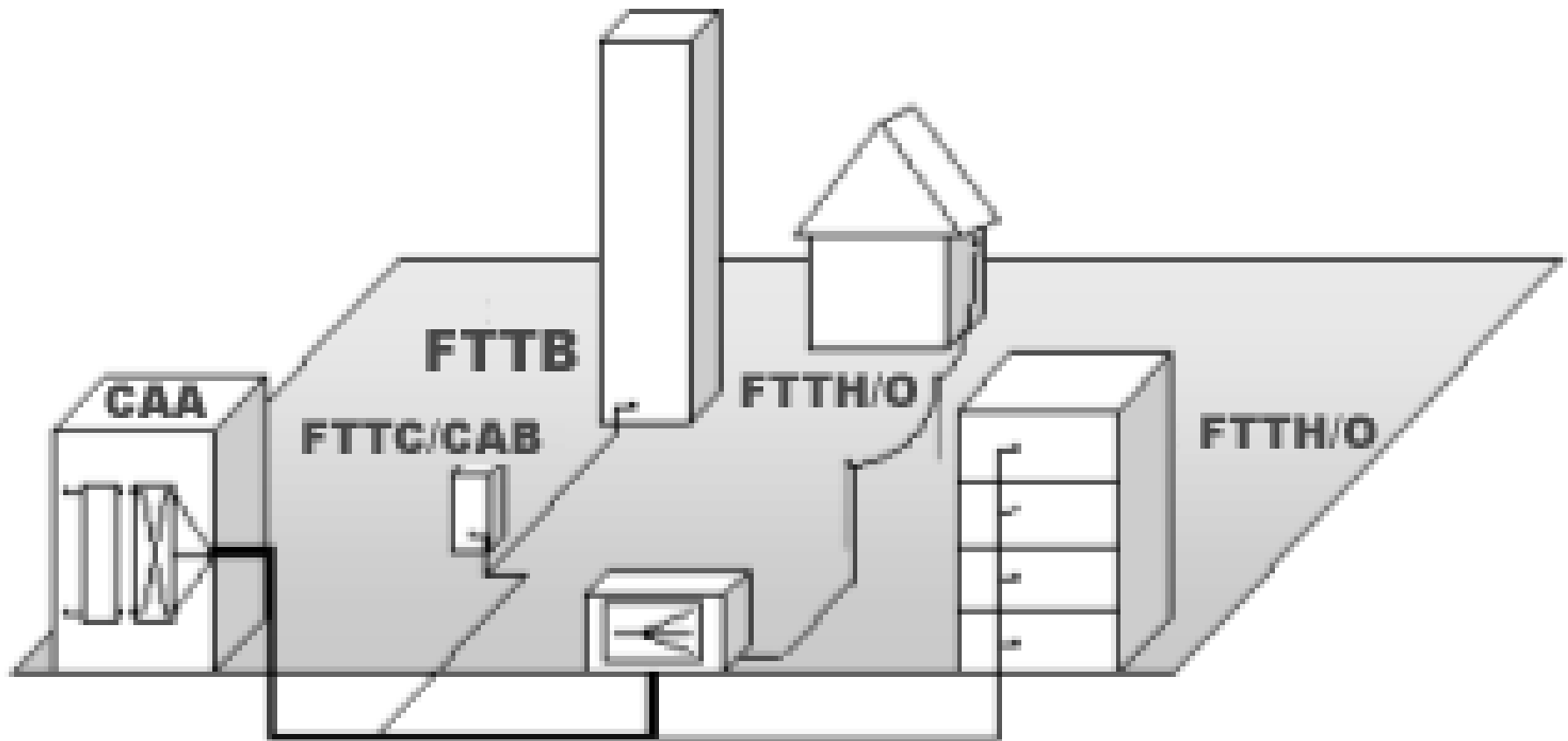
2) Les fibres dans les différentes zones réseaux - LAN

- ❑ C'est la dernière partie du réseau de télécommunication, celle qui relie l'abonné et le dernier autocommutateur.
- ❑ Il est toujours constitué par une partie en fibre optique entre l'autocommutateur et la terminaison de réseau optique suivie d'une partie en cuivre qui va jusqu'à chez l'abonné.
- ❑ → Il est de plus en plus envisagé de réduire l'utilisation de circuits de transmission électrique → tout optique dans le but d'augmenter le débit disponible chez l'abonné.

2) Les fibres dans les différentes zones réseaux - LAN

- Selon la localisation de la terminaison optique, différentes configurations sont envisageables :
 - **FTTH/FTTO** (Fiber To The Home / Fiber To The Office) : la terminaison de réseau optique est implantée dans les locaux de l'abonné. La fibre va donc jusqu'à son domicile ou son bureau, et la partie circuit cuivré est très courte.
 - **FTTB** (Fiber To The Building) : la terminaison de réseau optique est localisée soit au pied d'un immeuble, soit dans un local technique en sous-sol. Elle est partagée entre plusieurs abonnés qui lui sont raccordés par des liaisons en fil de cuivre.
 - **FTTC/FTTCab** (Fiber To The Curb / Fiber To The Cabinet) : la terminaison de réseau optique est localisée dans une armoire sur la voie publique, dans un centre de télécommunications, ou encore sur un poteau.

2) Les fibres dans les différentes zones réseaux - LAN



3) Le multiplexage des données.

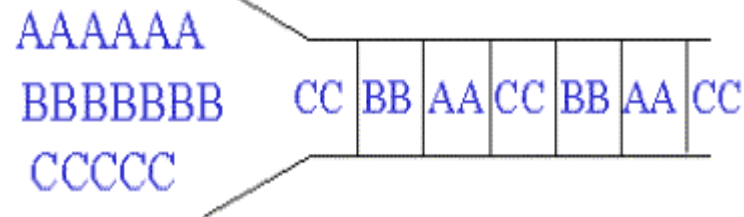
- Diverses solutions ont été proposées pour pouvoir bénéficier pleinement des capacités de la fibre.
- La technique de multiplexage a été choisie, elle consiste à partager le média de communication, pour y envoyer les données. Le multiplexage peut être temporel ou à longueur d'ondes.

3) Le multiplexage des données –

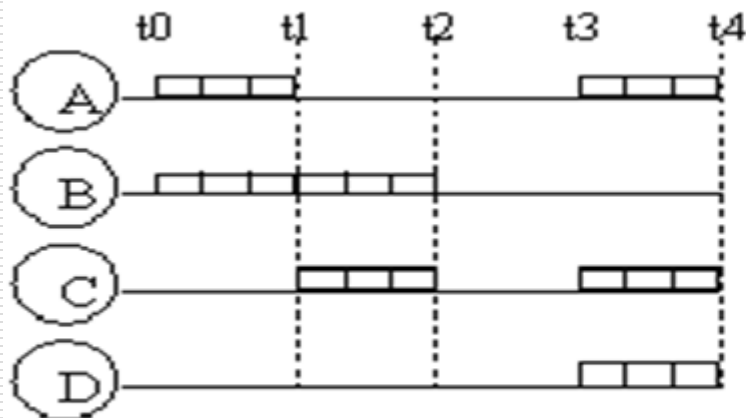
Multiplexage temporel

- Le multiplexage temporel TDM
 - offrir à un utilisateur à la fois, la totalité de la bande passante pendant un court instant.
 - L'allocation se fait en divisant l'axe du temps en intervalles de temps (IT), et chaque utilisateur ne pourra transmettre que pendant son intervalle de temps.
- Rq: Un atout majeur: on peut regrouper plusieurs canaux de communications à bas débits sur un seul canal à débit plus élevé.

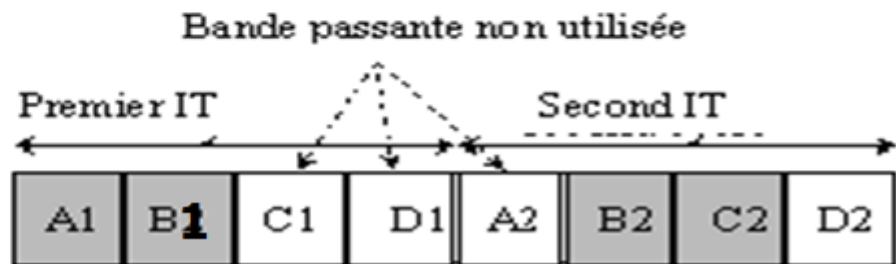
3) Le multiplexage des données - *Multiplexage temporel*



Chaque intervalle de temps (**IT**) est affecté à une voie.

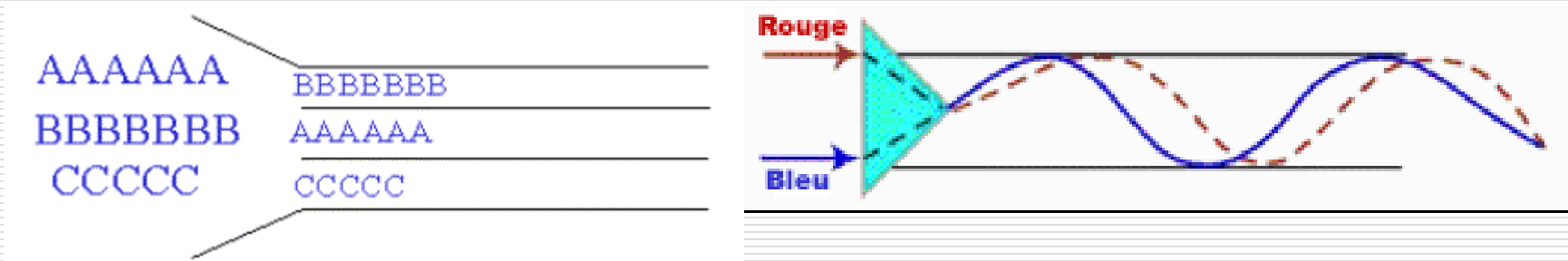


TDM



3) Le multiplexage des données - *Multiplexage en longueur d'ondes(WDM)*

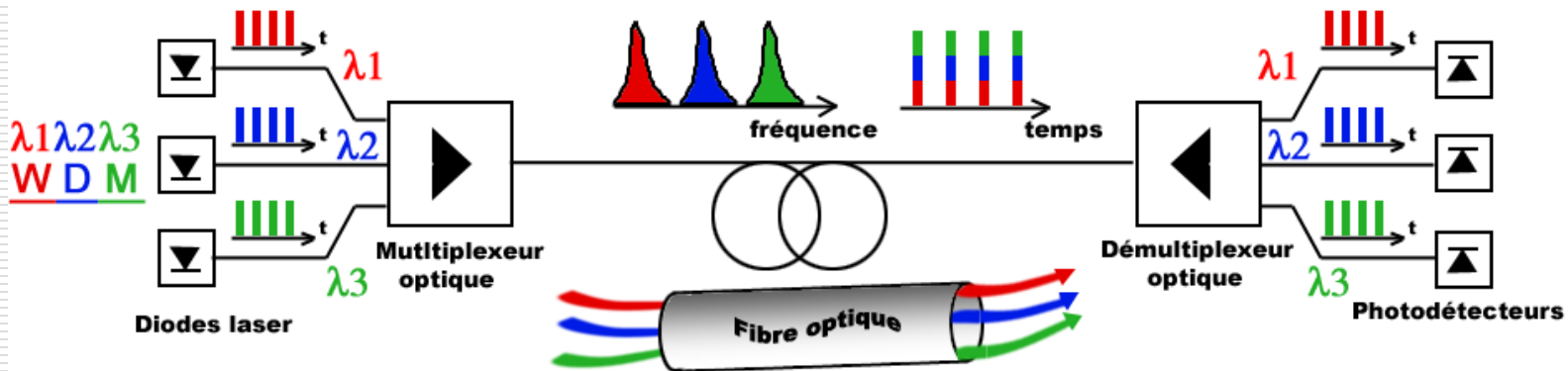
- ❑ N porteuses optiques à différentes longueurs d'onde transmettant chacune un débit D.
- ❑ La bande passante est découpé en périodes. Chaque sous-bande est affectée à un canal.



- ❑ Appelé aussi multiplexage fréquentiel

3) Le multiplexage des données - *Multiplexage en longueur d'ondes (WDM)*

- L'utilisation nécessite:
 - Un ensemble de *diodes laser* émettant à des longueurs d'ondes différentes.
 - Des *multiplexeurs/démultiplexeurs optiques* pour combiner/séparer l'ensemble des signaux optiques dans/de la fibre.



3) Le multiplexage des données -

Multiplexage en longueur d'ondes(WDM)

- Pour éviter le chevauchement des ondes, il faut déterminer un espacement minimum qui dépend de plusieurs facteurs :
 - Qualité de la fibre
 - Qualité des multiplexeurs/démultiplexeurs,
 - Longueur de transmission,
 - Qualité des sources,
 - Débit des données de chaque source ...
- La capacité du système est un débit numérique égal à $N * D$.
- Une autre application du WDM concerne les LAN. Chaque abonné se voit attribuer une longueur d'onde, ce qui équivaut à une "couleur".
- Permet une évolution continue du réseau par l'ajout de nouveaux services ou de nouveaux abonnés simplement par insertion d'une nouvelle longueur d'onde.

3) Le multiplexage des données – *WDM Combiné à TDM*

- Chaque signal modulé issu d'une étape de multiplexage temporel, peut être ensuite multiplexé avec d'autres signaux à d'autres longueurs d'onde.
- Associer TDM et WDM est la situation la plus fréquente.
- Dans ce cas, après démultiplexage optique, une étape de démultiplexage temporel permet la restitution des signaux d'origines " bas débit ".

4) La modulation, la détection et l'amplification des signaux.

- ❑ Pour transmettre des informations dans les medias optiques, il faut les imprimer sur le signal à envoyer, c'est ce que l'on appelle modulation.
- ❑ Pour cela, il est nécessaire de réaliser une conversion des données électriques en données optiques.
- ❑ Il existe principalement 2 techniques : la modulation directe et la modulation externe.

-
- ❖ La modulation directe peut être assimilée à une technique de modulation de type "classique".
En effet, on va ici moduler directement le courant injecté en entrée de la diode.
A la suite de cette modulation de courant, l'intensité de la lumière produite par la diode sera affectée.
 - ❖ La modulation externe est elle légèrement plus subtile.
En effet, ici le courant injecté à la diode restera constant, mais on va utiliser un modulateur externe afin de parvenir à moduler le signal lumineux.

4) La modulation, la détection, l'amplification ...

La détection

- ❑ Plusieurs méthodes pour envoyer l'information sur le media lumineux → différentes techniques pour la récupérer.
- ❑ Le photodétecteur (photodiode PIN ou avalanche) est toujours nécessaire pour convertir le signal optique en électrique.



4) La modulation, la détection, l'amplification ...

L'amplification

- Pour minimiser les perturbations (bruit et distorsion) sur les signaux, préamplificateur et photodétecteur sont souvent réunis dans un même boîtier. On rencontre deux types de préamplificateurs.
 - ***L'amplificateur à haute impédance d'entrée***
 - Jusqu'à quelques MHz,
 - Structures très sensibles et de faible bruit.
 - ***L'amplificateur transimpédance***
 - freq. > 50 Mhz, moins de bruit que Haute Impédance.
 - **Limites :**
 - Au-delà de 500 MHz, cette solution est limitée par des problèmes de stabilité et on utilise des transistors à effet de champ.



Conclusion

- ❑ Développement de la piste tout optique.
- ❑ Problèmes actuels:
 - Routeurs pouvant supporter les débits énormes des fibres ?
 - Recâbler chaque habitation en remplaçant la paire de cuivre, par un média optique.
- ❑ Les grands constructeurs se penchent très sérieusement sur la conception du meilleur routeur.

Réseaux en Fibre Optique

Terminologie

- Une fibre optique peut être assimilée à un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété de conduire la lumière et sert dans les transmissions terrestres et océaniques de données. Elle offre un débit d'informations nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux.

Son principe est relativement simple:

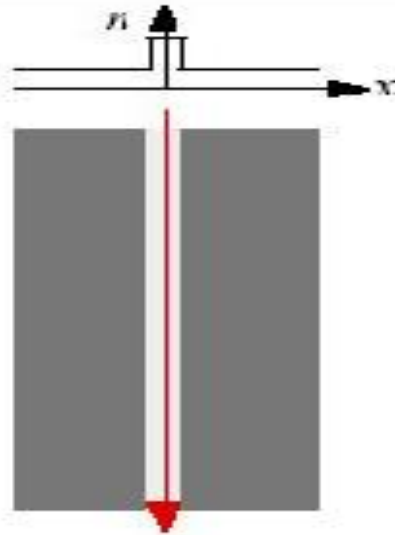
- Transporter de l'information numérique au travers d'une fibre.
- Utiliser une variation d'intensité lumineuse pour générer un signal binaire.
- Les niveaux logiques bas du signal binaire seront représentés par une absence de signal lumineux, tandis que les niveaux logiques haut seront détectés grâce à la présence d'un fort signal lumineux au sein de la fibre optique.

Pourquoi un tel succès ?

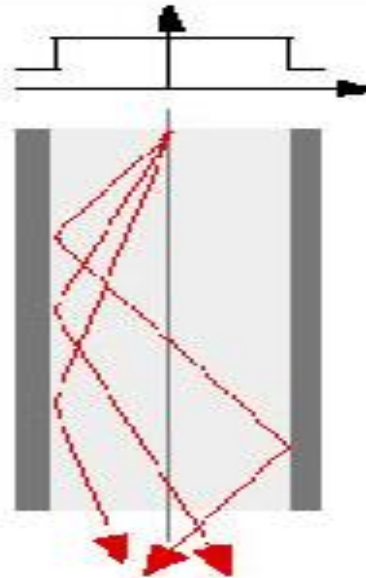
Avantages de la fibre	Inconvénients de la fibre
<ul style="list-style-type: none">• Atténuation plus faible que les signaux électrique• Débit d'information plus grand• Vitesse de propagation élevée• Immunité aux parasites• Diaphonie quasi-nulle	<ul style="list-style-type: none">• Fibre plus fragile• Technologie assez chère

Une affaire de mode :

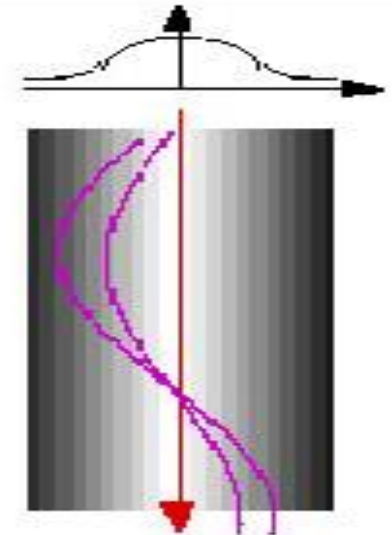
- ❑ Multimode : En optique, le mode c'est le nombre de chemins (pour simplifier). réseau local,
- ❑ Monomode: réseau Métropolitains



monomode



*multimode
à saut d'indice*

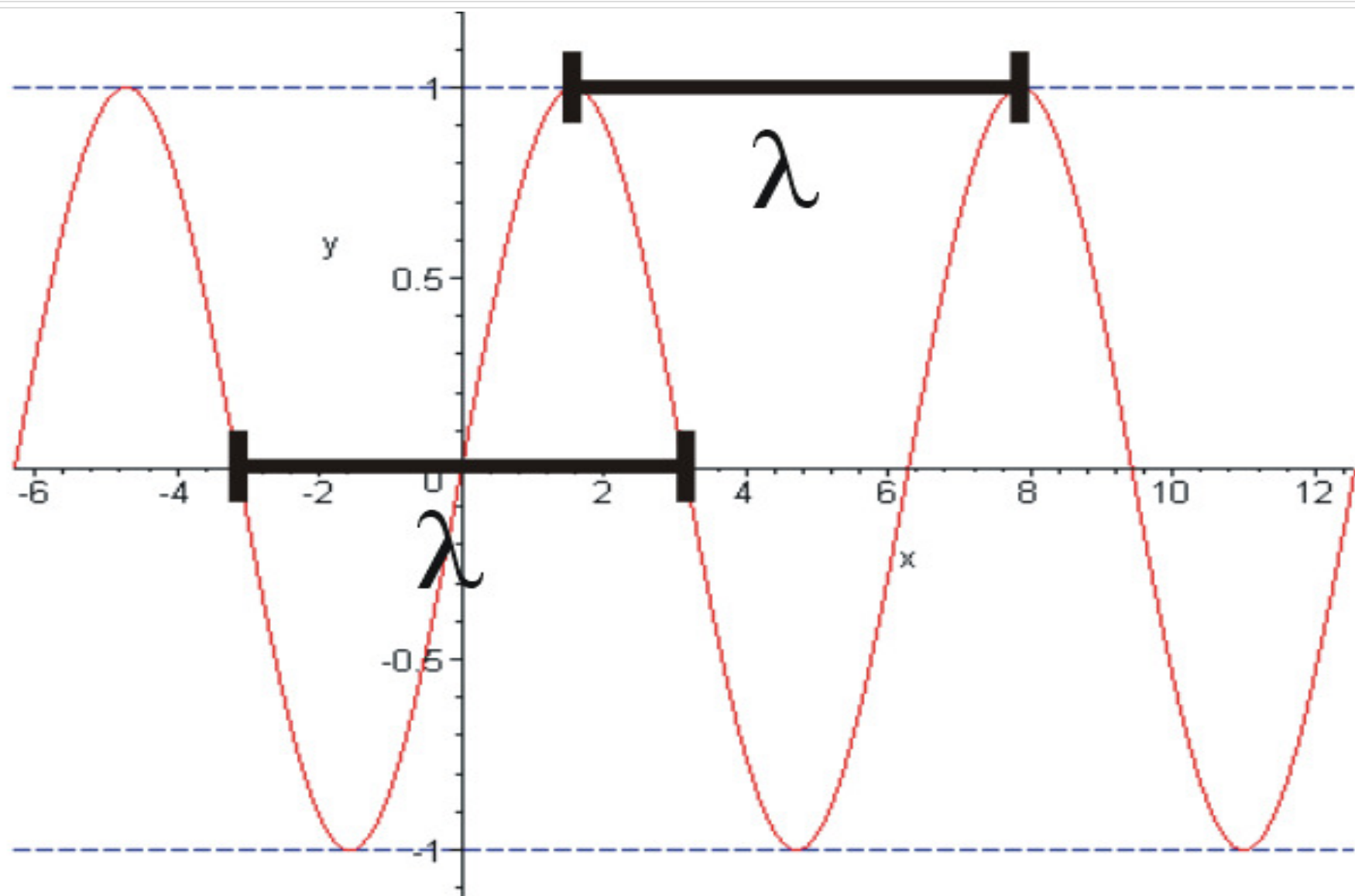


*multimode
à gradient d'indice*

Fibre monomode et multimode - principe

Comparaison avec les autres média

	Paires torsadées	Câble coaxial	Fibre optique
Coût	Bas	Moyen	Assez élevé
Bande passante	Moyenne	Large	Très large
Longueur maximale	Moyenne	Elevée	Elevée
Immunité aux interférences	Basse moyenne	Moyenne élevée	Très élevée
Facilité de connexion	Simple	Variable	Difficile
Facilité d'installation	Variable	Variable	Difficile
Fiabilité	Bonne	Bonne	Très bonne



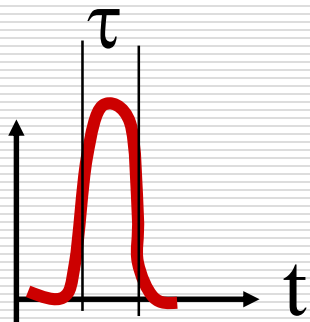
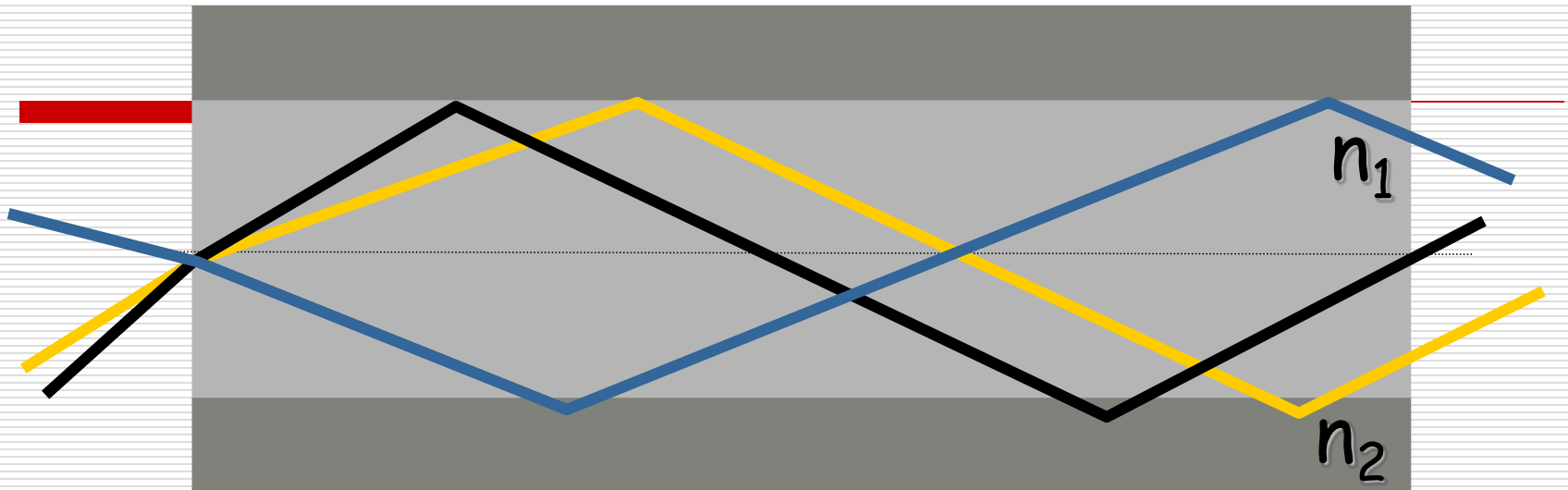
Vitesse de propagation

- Vitesse de propagation de la lumière dans le vide :
 $C = 300\,000 \text{ km/s}$ (Célérité)
- La vitesse de propagation de la lumière dans un milieu est :
Vitesse de propagation = C / n (n = indice de réfraction)
- Les principaux indices de réfraction sont :
 - 1 pour le vide
 - 1,003 pour l'air
 - 1,3 pour l'eau
 - 1,5 pour le verre
 - 2 pour le diamant

La notion de mode

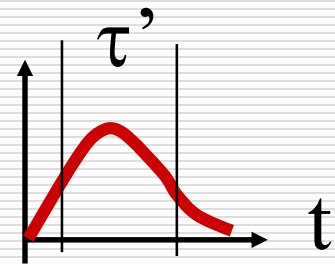
- Issue du caractère ondulatoire de la lumière, l'injection d'une onde électromagnétique dans la fibre optique entraîne une décomposition de l'énergie incidente en sous entités énergétiques ou "mode" qui se propagent différemment.
- En multimode l'énergie se répartie sur plusieurs modes ou chemins possibles. Les chemins étant de longueurs différentes, les temps de propagation seront différents, ce qui limitera la bande passante.
C'est la dispersion modale. Elle est négligeable en monomode

Propagation de la lumière dans la fibre multimode à saut d'indice



Pulse émis

Plusieurs modes de propagation

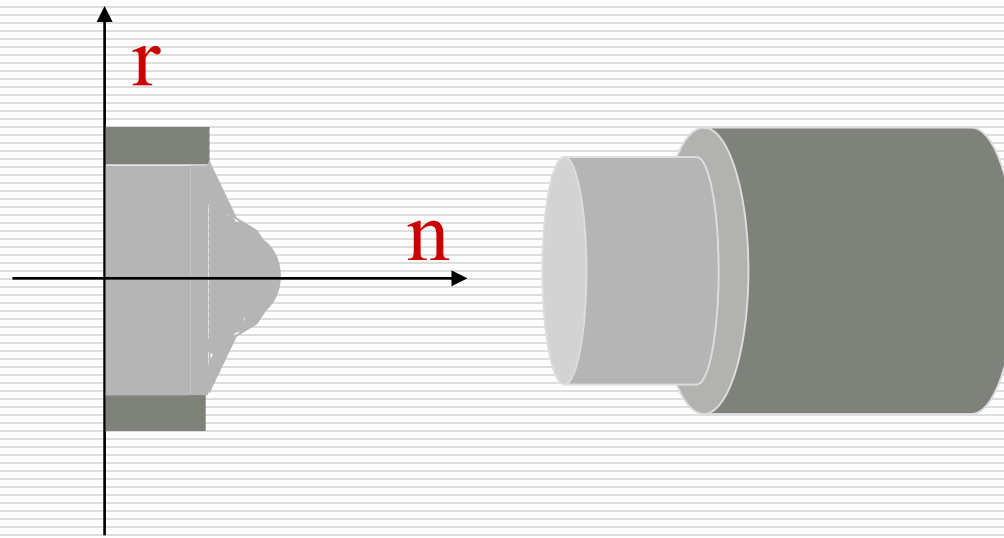


Étalement + atténuation

Les trajets n'auront **pas le même temps de parcours** de la fibre optique, il en résulte à la sortie un temps d'intégration du capteur, on a un étalement temporel du pulse reçu par rapport à celui émis.

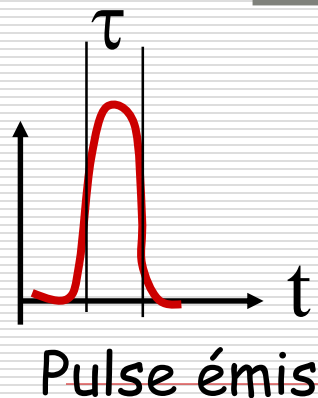
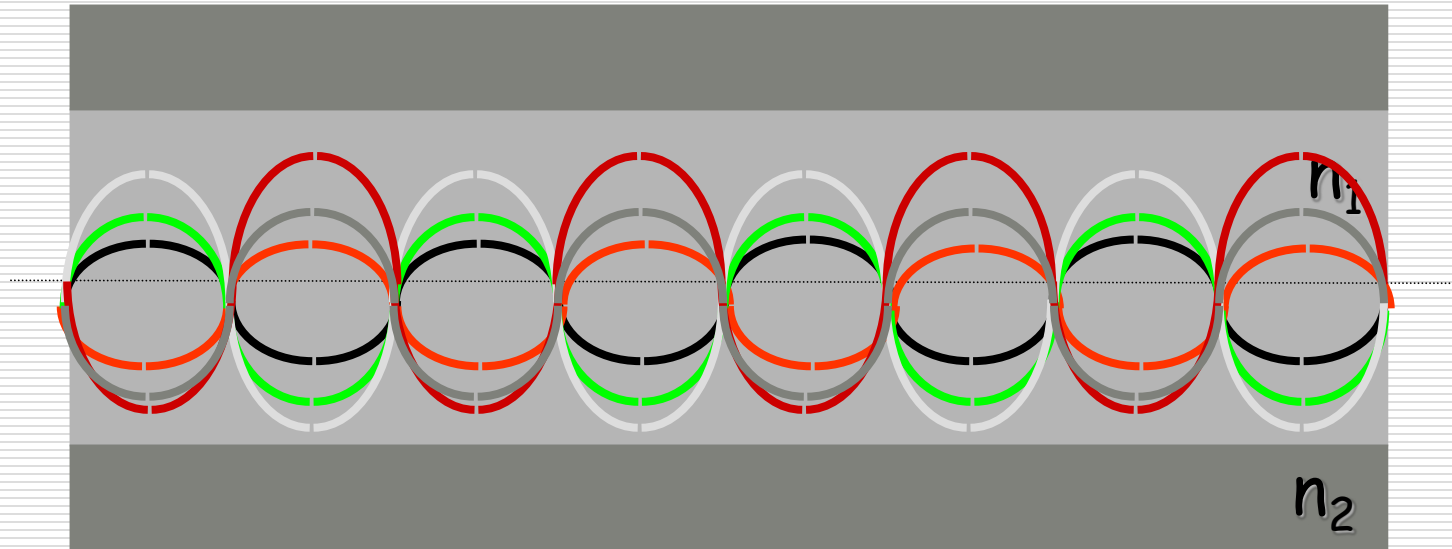
Fibre multimode à gradient d'indice

Elles limitent le phénomène d'élargissement d'impulsion

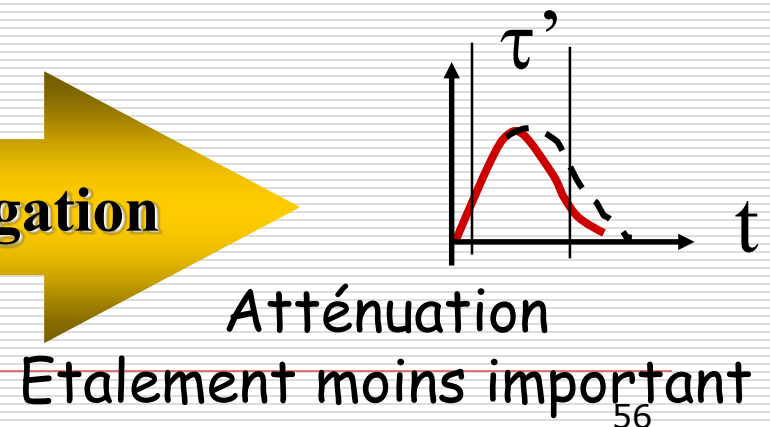


L'indice du cœur varie suivant une loi parabolique fonction de r

Propagation de la lumière dans la fibre multimode à gradient d'indice

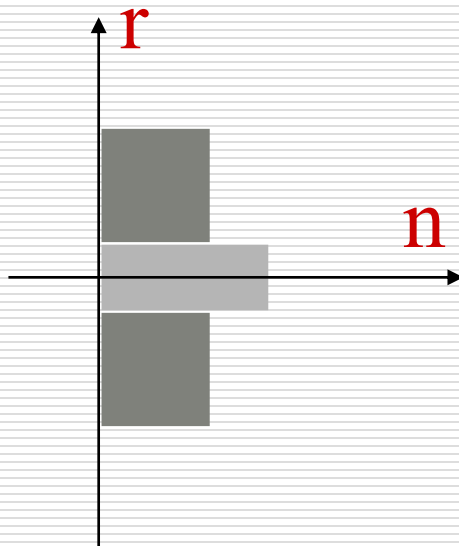


Plusieurs modes de propagation

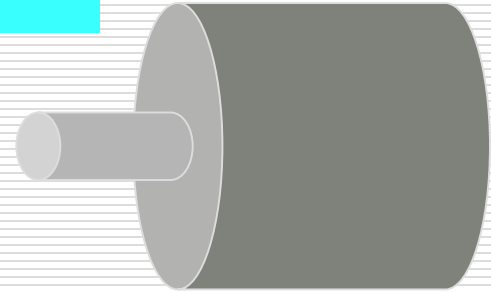


Propagation **plus rapide** que pour le cas d'une fibre optique à saut d'indice.
Les rayons étant confinés autour de l'axe central de la fibre, ils subissent des réflexions totales **avant** l'interface cœur/gaine optiques.

La fibre monomode



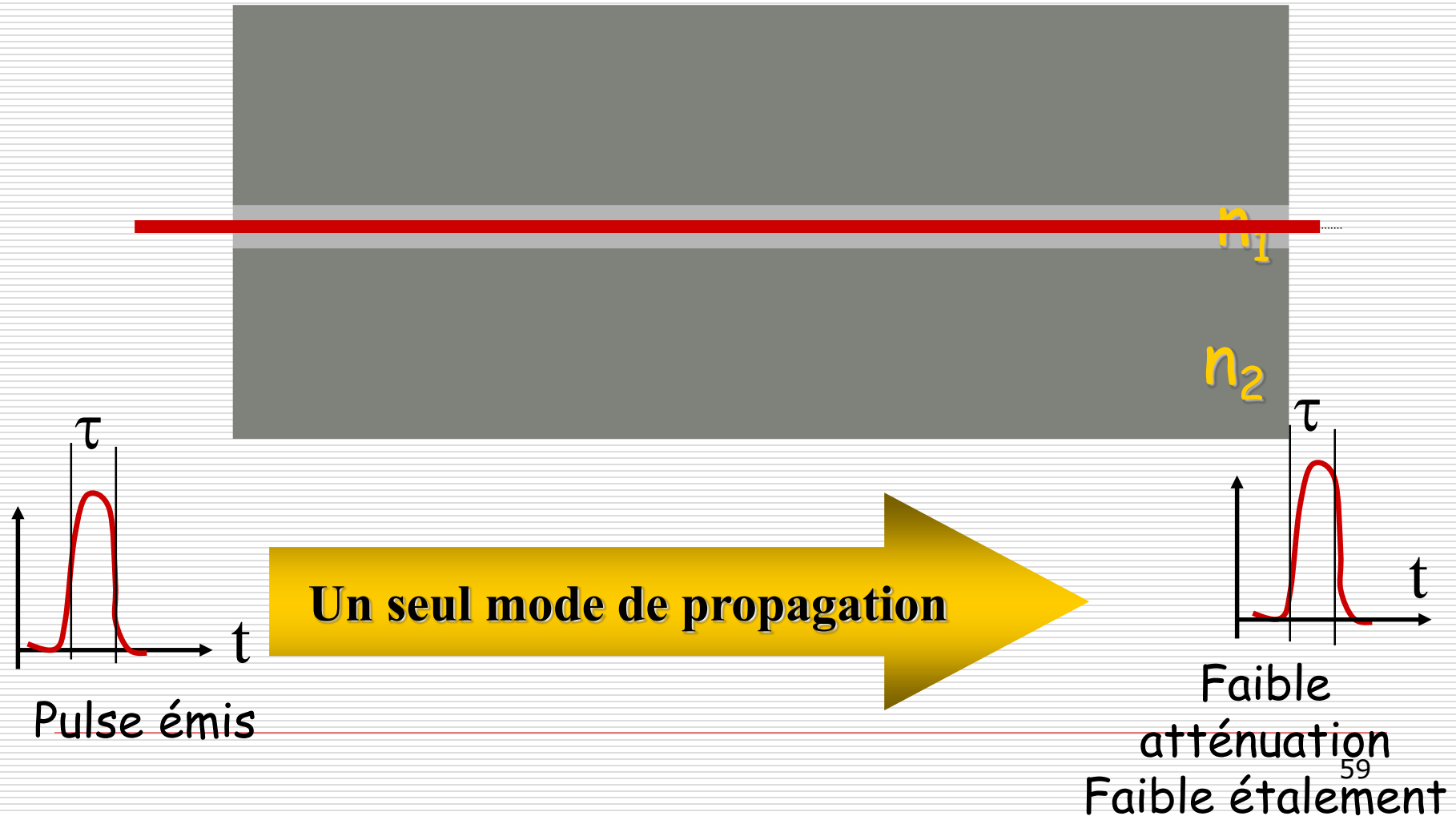
3 à $10\mu m$



Elles sont constituées:
d'un cœur d'indice n_1
d'une gaine d'indice n_2

Le diamètre du cœur
est très petit

Propagation de la lumière dans la fibre monomode



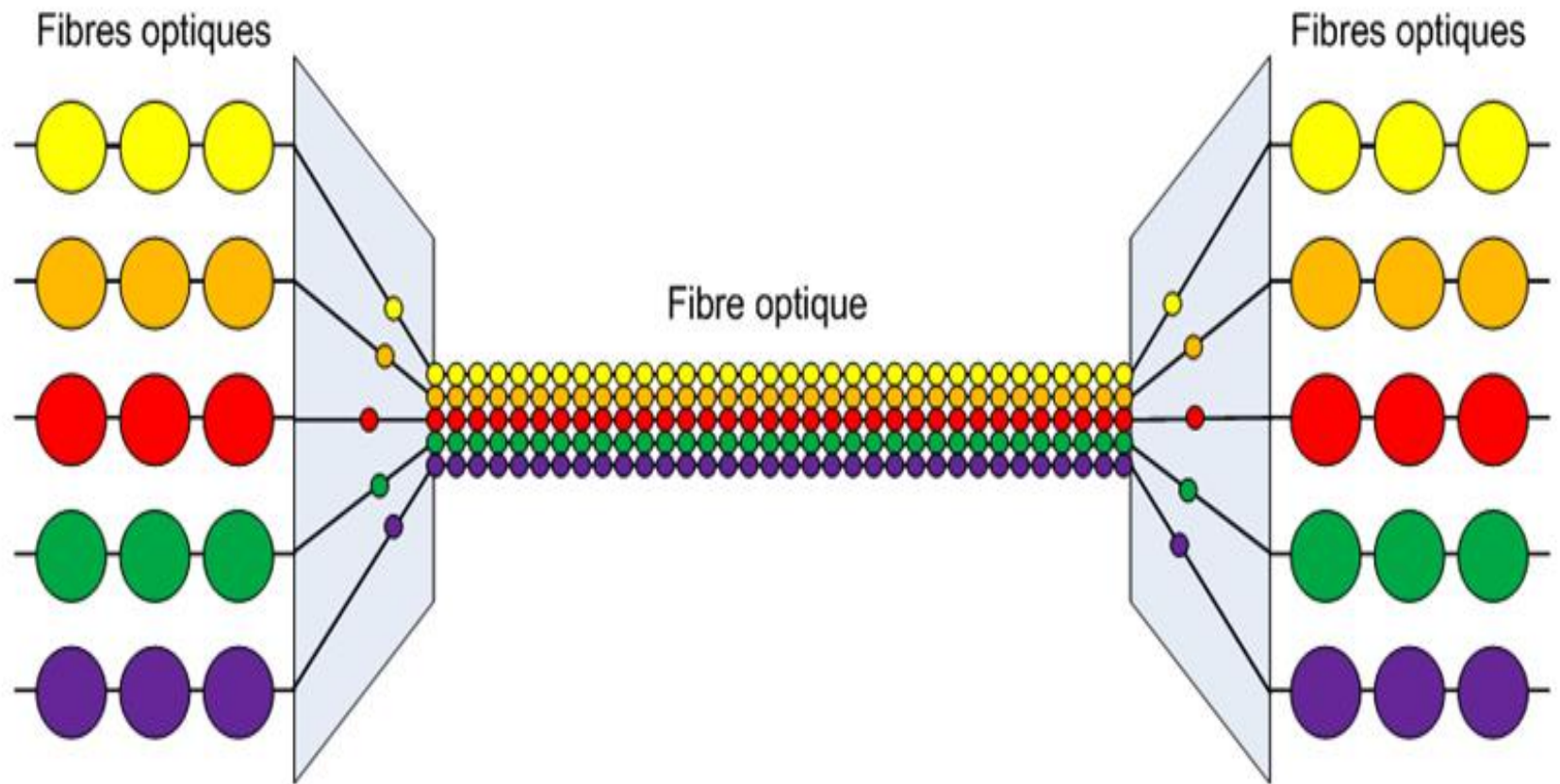
Tous les rayons auront le quasiment **même**
temps de parcours d'où un faible
étalement temporel.

Bande passante

- Les valeurs typiques de bande passante pour une fibre de 1 km sont:

Multimode à saut d'indice	Multimode à gradient d'indice	Monomode
100 MHz	quelques GHz	> 10 GHz

WDM



Réseaux Optiques

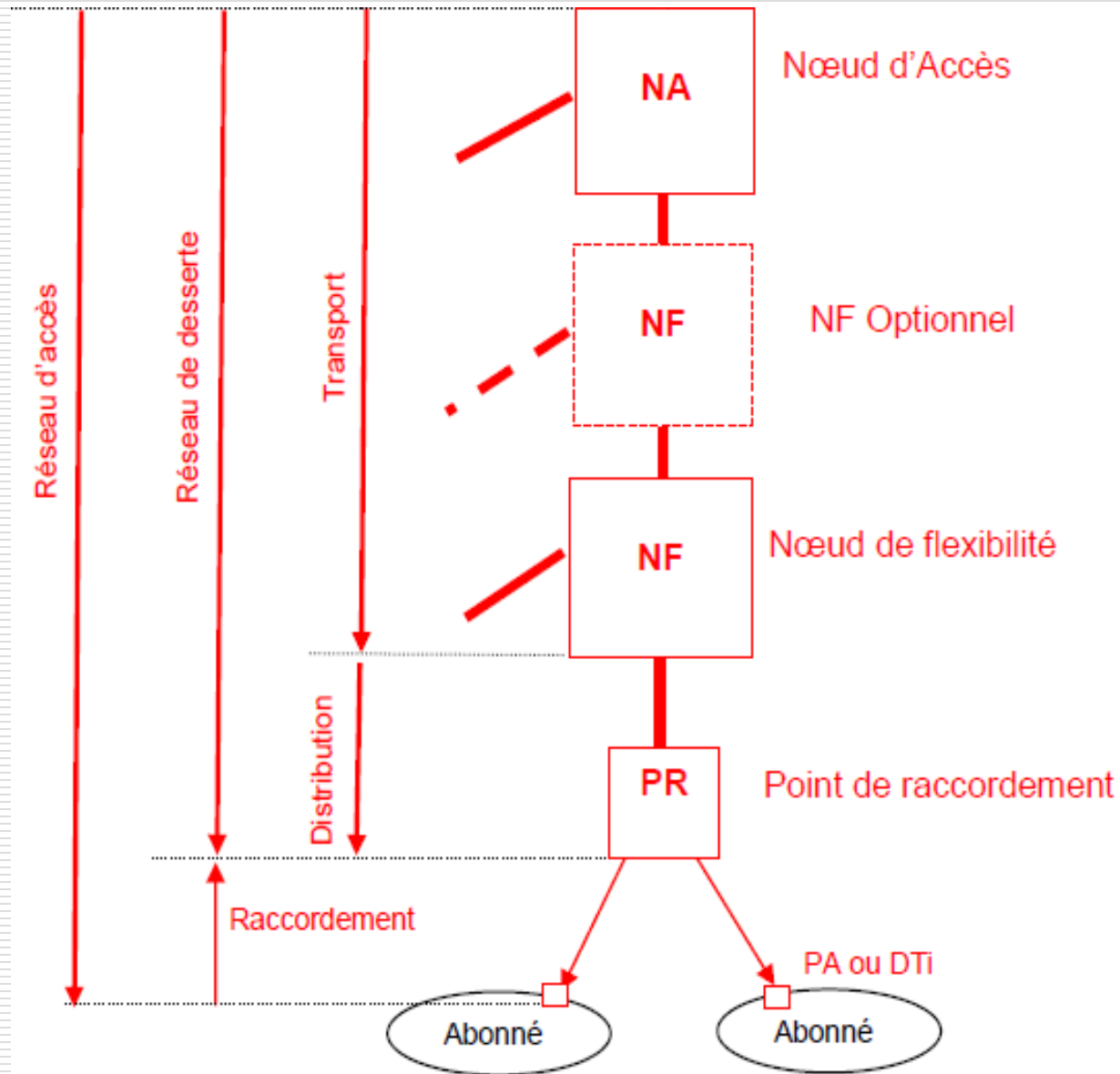
□ Réseau FTTH

Un **réseau FTTH** est un réseau de télécommunications qui se termine en fibre optique au domicile de l'abonné.

Le FTTH est quant à lui une solution de desserte fibre optique de bout en bout entre le central de raccordement de l'opérateur et l'utilisateur. **Les réseaux FTTH peuvent être employés selon deux configurations :**

En point-à-multipoints : les fibres optiques sont mutualisées en amont d'un nœud de raccordement intermédiaire ;
En point-à-point : chaque utilisateur se voit dédier une fibre optique.

architecture cible FTTH



architecture cible FTTH

L'architecture mise en oeuvre dans le réseau d'accès vers les usagers est de type arborescent.

Le niveau central de l'architecture du réseau d'accès est le noeud d'accès (NA). Le niveau le plus proche de l'abonné peut être défini sous le terme générique PR (point de raccordement). Entre ces deux points, il est nécessaire de définir des noeuds de flexibilité (NF).

architecture cible FTTH

- ❑ **La zone de raccordement** Elle s'étend des prises d'abonnés au premier coffret de brassage (PR). Elle peut être câblée ultérieurement en fonction des besoins.
- ❑ **Point de Raccordement d'utilisateurs PR** C'est le premier point de flexibilité. Le coffret, en fonction de la configuration de l'habitat, peut être situé dans l'immeuble hébergeant les abonnés ou sur le trottoir. Le PR ne contient pas de matériel actif.
- ❑ **Noeud de Flexibilité NF** Les points de flexibilité permettent d'affecter les fibres et le cas échéant de réduire le nombre de fibres à mesure que l'on remonte du point de raccordement vers le noeud d'accès en utilisant des matériels actifs ou passifs.

COMPOSANTES DU RESEAU D'ACCES

Afin de concevoir et de dimensionner les différents éléments qui constituent un réseau à très haut débit, il convient de structurer les différentes composantes dans une description en trois couches :

- ❑ **La couche d'infrastructure**, composée notamment des fourreaux, des chambres, des armoires de rue et des locaux techniques,
- ❑ **La couche optique passive**, comprenant notamment les câbles optiques, les boîtiers d'épissurage et les baies de brassage,
- ❑ **La couche réseau** qui transporte les services. Elle est constituée des équipements actifs.

le modèle en 3 couches

Partage



Couche Réseau



Partage



• Répartiteurs optiques



• Câbles



• Boîtier de ligne



• Répartiteur

Couche Optique

Partage

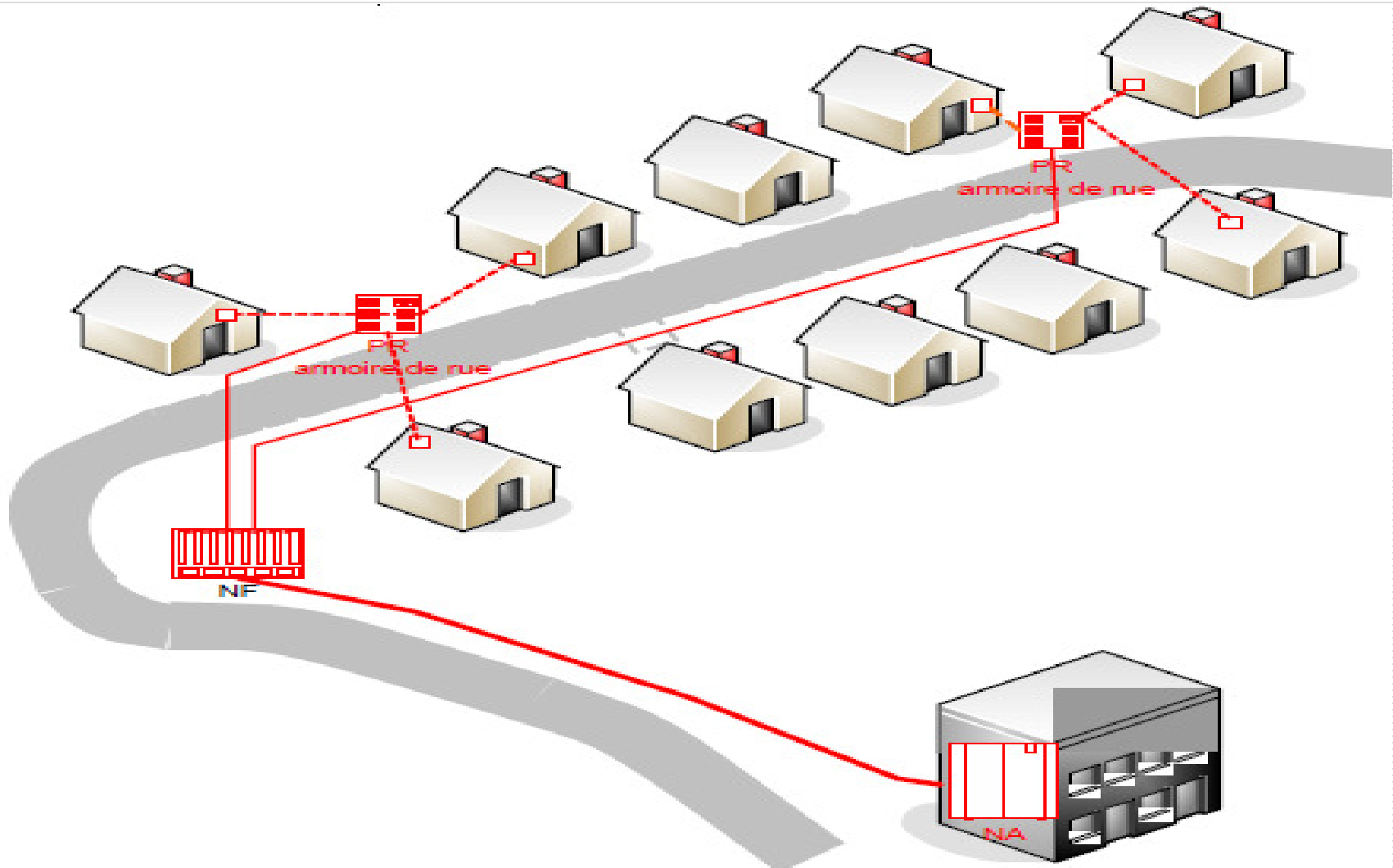


Couche Infra

DESSERTE EN HABITAT URBAIN PAVILLONNAIRE

Dans le cas d'un tissu résidentiel constitué de logements individuels (type pavillonnaire), les Noeuds de Flexibilité (NF) prendront principalement la forme d'armoires de rue. Les Points de Raccordement d'abonnés (PR) seront matérialisés par des armoires de rue ou des coffrets de poteau si le réseau emprunte la voie aérienne.

DESSERTE EN HABITAT URBAIN PAVILLONNAIRE



DESSERTE EN HABITAT URBAIN PAVILLONNAIRE

Dans le cas d'un habitat pavillonnaire, les Noeuds de Flexibilité (NF) prendront généralement la forme d'armoires de rue. Les Points de Raccordement d'abonnés (PR) seront matérialisés par des coffrets de rue ou des coffrets sur poteau, voire des boîtiers en chambre

DESSERTE EN HABITAT URBAIN PAVILLONNAIRE

Dimensionnement des différents nœuds

Nœud fonctionnel	Paramètre de dimensionnement	Ordre de grandeur
Point de raccordement (PR)	Capacité PR	4 à 8 abonnés
Nœud de flexibilité (NF)	Capacité NF	100 à 500 abonnés
Nœud d'accès (NA)	Capacité NA	5 000 à 50 000 abonnés

Dimensionnement des différents liens

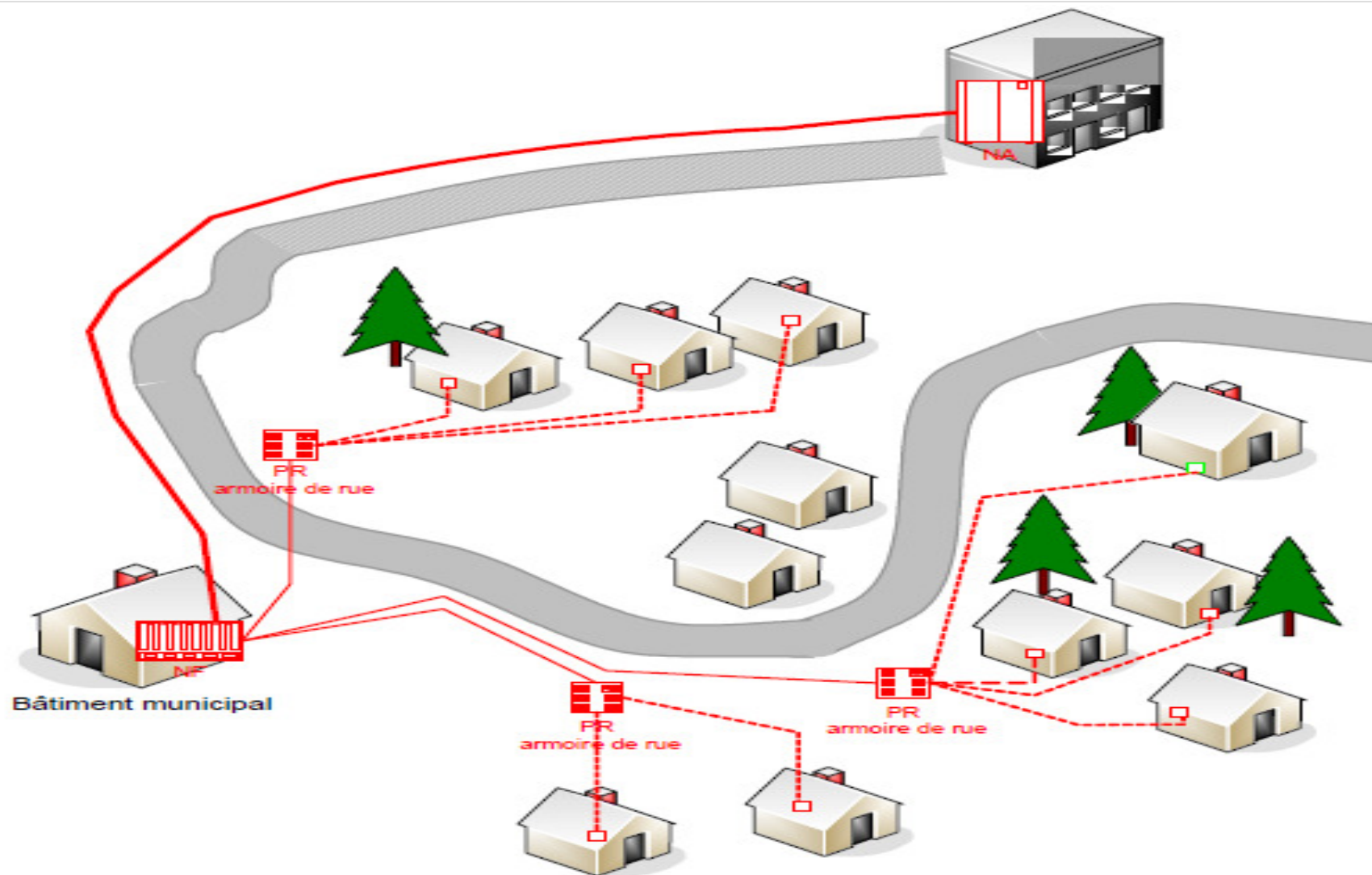
Liaison	Infrastructure de support	Ordre de grandeur
(PR) – (PA)	Fourreaux	10 - 100m
	Aérien	
(NF) – (PR)	Fourreaux	100 - 1 000m
	Aérien télécom ou énergie basse tension	
(NA) – (NF)	Fourreaux	1 000 - 5 000m
	Aérien	

DESSERTE EN HABITAT RURAL DISPERSÉ

Dans le cas d'un habitat rural dispersé, les Noeuds d'Accès (NA), points d'interconnexion avec les opérateurs, sont localisés à distance dans l'agglomération urbaine de moyenne importance la plus proche.

Un Noeud de Flexibilité pourra être implanté dans un bâtiment public. Les Points de Raccordement d'abonnés (PR) seront matérialisés par des coffrets de rue ou de poteau. Les abonnés seront raccordés à la demande sur ces points de raccordement.

DESSERTE EN HABITAT RURAL DISPERSE



DESSERTE EN HABITAT RURAL DISPERSÉ

Dans le cas d'un habitat rural dispersé, les Noeuds d'Accès (NA) sont localisés à distance dans l'agglomération urbaine de petite ou moyenne importance (typiquement un chef-lieu de canton).

Une alternative pour pallier cet éloignement des zones par rapport au NA consiste à densifier le réseau de collecte pour en améliorer sa couverture et créer ainsi des points de présence plus nombreux à partir desquels la desserte sera plus aisée.

Un noeud de flexibilité pourra être implanté dans un bâtiment public (ex : mairie). Les Points de Raccordement d'abonnés (PR) seront matérialisés sous la forme de coffrets de rue ou de poteau. Les abonnés seront raccordés à la demande sur ces points de raccordement.

DESSERTE EN HABITAT RURAL DISPERSÉ

Dimensionnement des différents nœuds

Nœud fonctionnel	Paramètre de dimensionnement	Ordre de grandeur
Point de raccordement (PR)	Capacité PR	2 à 4 abonnés
Nœud de flexibilité (NF)	Capacité NF	50 à 500 abonnés
Nœud d'accès (NA)	Capacité NA	2 000 à 10 000 abonnés

Dimensionnement des différents liens

Liaison	Infrastructure de support	Ordre de grandeur
(PR) – (PA)	Fourreaux	50 - 500m
	Aérien	
(NF) – (PR)	Fourreaux	500 – 3 000m
	Aérien	
(NA) – (NF)	Fourreaux	3 000 – 10 000m
	Aérien télécom ou énergie (basse ou moyenne tension)	

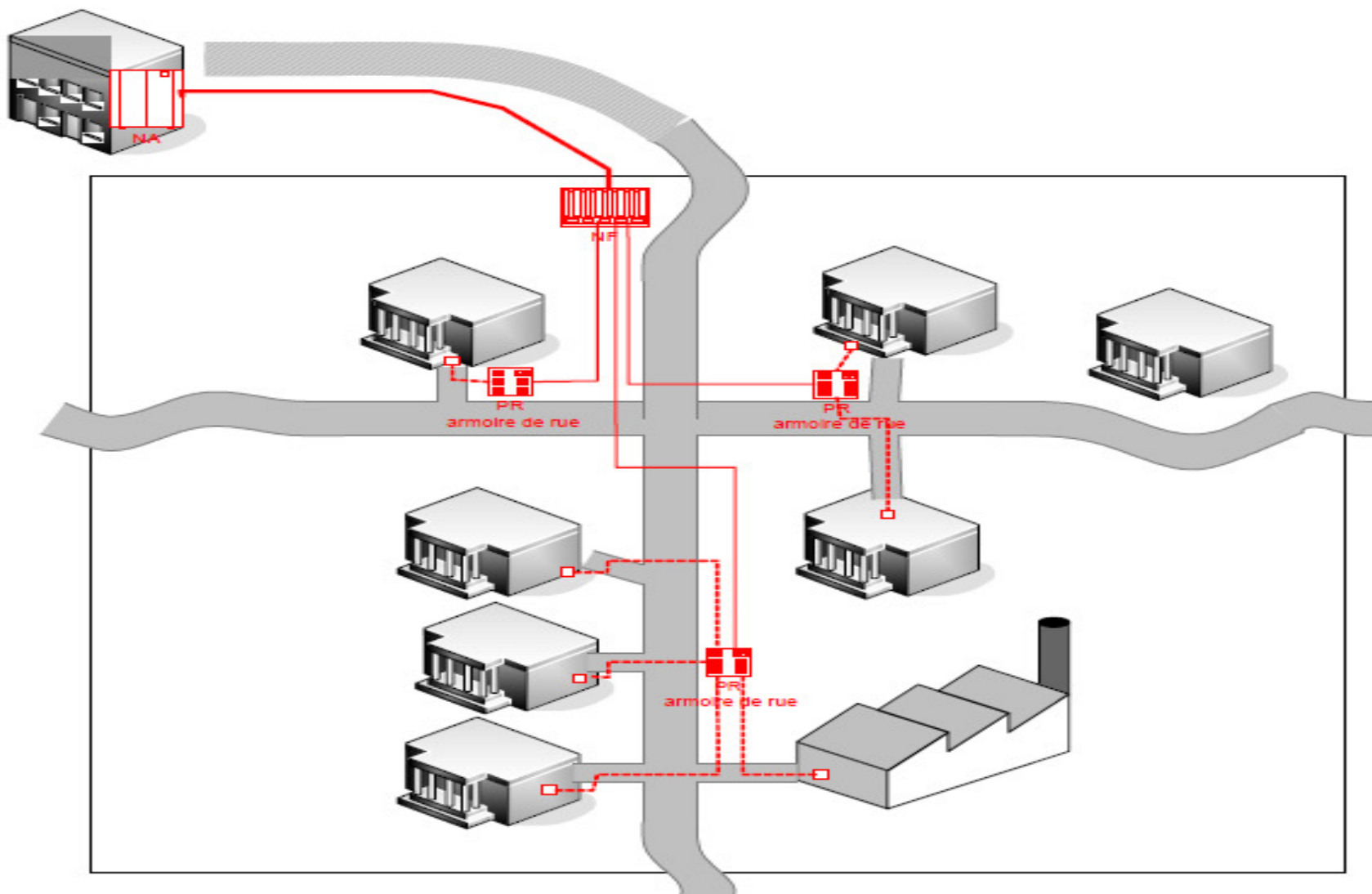
DESSERTE DE ZONE D'ACTIVITES ECONOMIQUES

Dans le cas de la couverture d'une zone d'activités économiques, pour faire face à l'évolution des besoins des entreprises, il est nécessaire de prévoir à minima un Noeud de Flexibilité (NF) pour couvrir la zone. Ce Noeud pourra être matérialisé par une armoire de rue ou être hébergé dans un local technique associé à la zone.

Les Points de Raccordement d'abonnés (PR) prendront le plus souvent la forme de coffrets de rue.

Les besoins étant sensiblement différents, l'ingénierie diffère des dessertes précédentes par la densité et le dimensionnement de l'infrastructure.

DESSERTE DE ZONE D'ACTIVITES ECONOMIQUES



DESSERTE DE ZONE D'ACTIVITES ECONOMIQUES

Afin de faire face à l'évolution des besoins des entreprises, il est nécessaire de prévoir à minima un Noeud de Flexibilité (NF) sur la zone. Ce noeud constitue le point de partage des clients pour les différents opérateurs qui désireront offrir des services sur la zone considérée. Suivant l'importance de la zone, il se matérialisera par une armoire de rue ou un local technique.

Dans le cas de zones à construire, nous recommandons de prévoir une sécurisation physique du réseau et une double adduction des bâtiments.

DESSERTE DE ZONE D'ACTIVITES ECONOMIQUES

Dimensionnement des différents nœuds

Nœud fonctionnel	Paramètre de dimensionnement	Ordre de grandeur
Point de raccordement (PR)	Capacité PR	1 à 4 abonnés
Nœud de flexibilité (NF)	Capacité NF	10 à 50 abonnés
Nœud d'accès (NA)	Capacité NA	2 000 à 10 000 abonnés

Dimensionnement des différents liens

Liaison	Infrastructure de support	Ordre de grandeur
(PR) – (PA)	Fourreaux	10 - 300m
(NF) – (PR)	Fourreaux	100 - 1 000m
(NA) – (NF)	Fourreaux	1 000 - 3 000m
	Aérien télécom ou énergie	

Technologie PON

Dans le point-à-multipoints ou PON, une fibre unique partant du nœud de raccordement optique (NRO) permet de desservir plusieurs logements, par réplication du signal au niveau de coupleurs.

Un PON est un réseau de fibre optique utilisant une topologie point à multipoint et des coupleurs optiques pour générer des données à partir d'un point de transmission unique vers de multiples terminaisons d'utilisateurs. Le terme « passif », dans ce contexte, fait référence au fait que la fibre et des composants de couplage/combinaison ne sont pas alimentés,

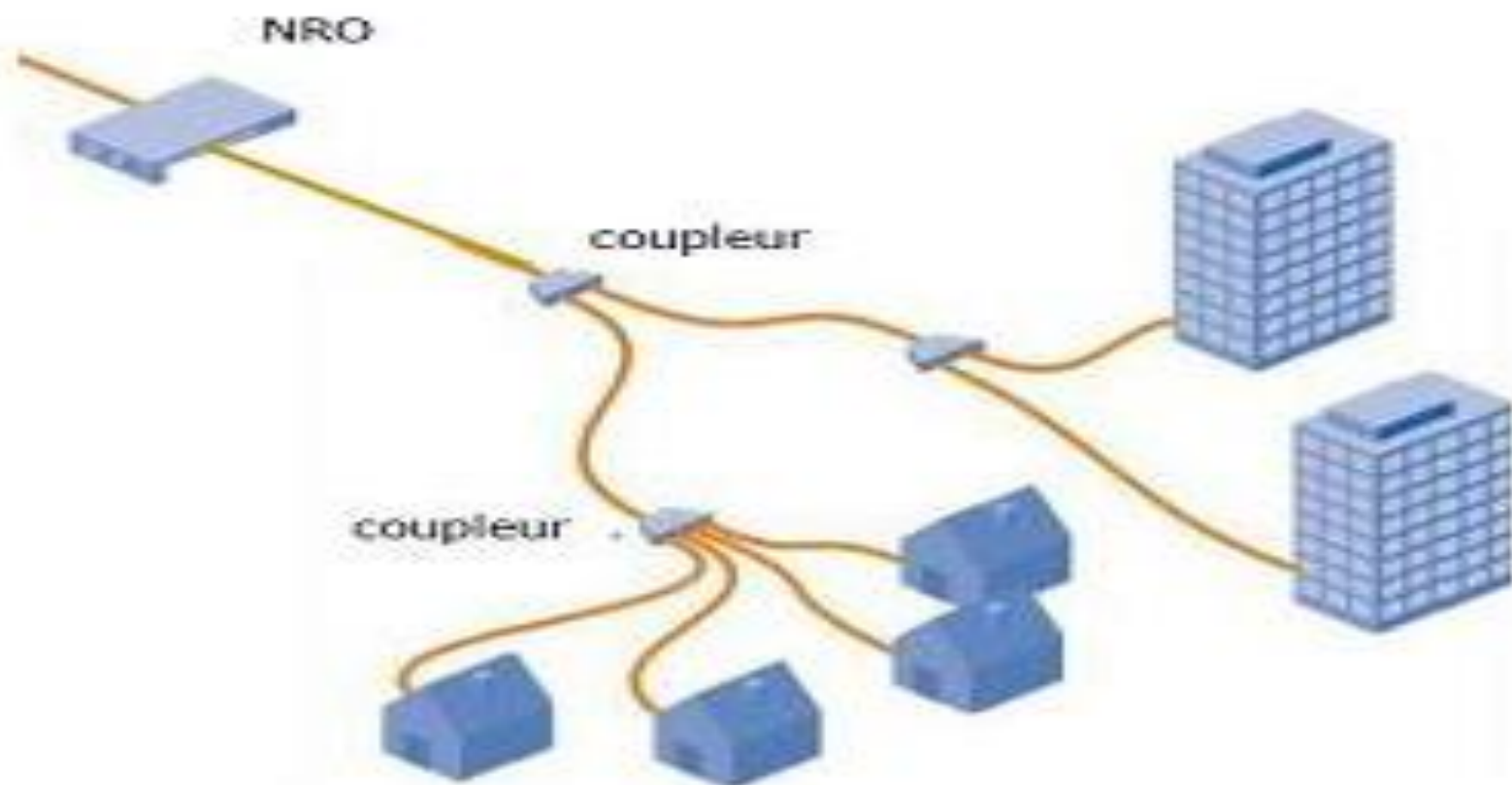
Contrairement à ce qui se passe dans un réseau optique actif, l'alimentation en électricité n'est nécessaire qu'au niveau des points d'envoi et de réception.

Architecture de réseau optique passif

Les réseaux PON adoptent une architecture point à multipoint qui utilise des coupleurs optiques pour diviser le signal descendant d'un OLT unique en de multiples voies descendantes vers les utilisateurs finaux. Ces mêmes coupleurs combinent les multiples voies de signaux ascendants depuis les utilisateurs finaux jusqu'au même OLT,

L'architecture point à multipoint a été sélectionnée en tant qu'architecture PON la plus viable pour les réseaux d'accès optique, car elle associe l'efficacité inhérente au partage de la fibre optique à une faible consommation d'énergie

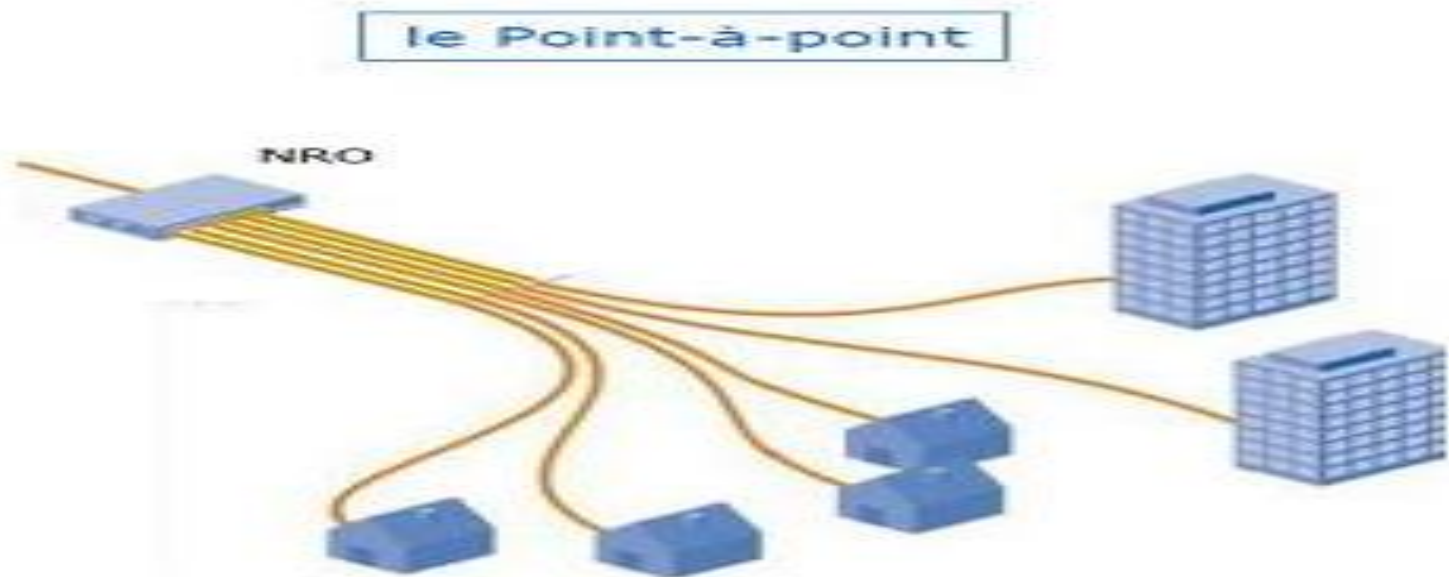
le PON



Réseaux Optiques

□ **Le point-à-point**

consiste à déployer au moins une fibre par logement, à partir du nœud de raccordement optique (NRO). Cela suppose un investissement initial important



Les composants principaux dans un réseau PON

- ❖ Un équipement actif positionné au NRO a pour fonction d'assurer d'un côté l'interconnexion du réseau PON avec les autres réseaux, de l'autre d'animer l'information au sein du réseau PON par l'illumination des différentes fibres optiques. Cet équipement est appelé communément OLT.
- ❖ Des équipements actifs, installés chez les utilisateurs finals du réseau et qui assurent la connexion avec les terminaux de l'utilisateur, sur les interfaces spécifiques de ces derniers (RJ45 cuivre pour le PC sur Internet, connecteur coaxial pour la télévision, RJ11 cuivre pour le téléphone analogique, ...). Cet équipement est appelé communément ONU ou ONT.

Les composants principaux dans un réseau PON

- ❖ Des composants passifs, installés sur le cheminement de la fibre optique entre l'OLT et les ONU. Ils ont pour rôle de partager le signal optique pour la voie dite descendante (de l'OLT vers les ONUs) et de recomposer le signal à partir des multiples signaux remontants dans l'autre sens (des ONUs vers l'OLT). Ces équipements sont appelés communément coupleurs/découpleurs.

Types de services PON

Depuis son lancement dans les années 1990, la technologie PON n'a cessé d'évoluer et de nombreuses versions de la topologie des réseaux PON ont pris forme.

❖ **G-PON**

Les réseaux G-PON, développés par l'ITU-T, utilisent des protocoles basés sur IP et sont reconnus pour leur incroyable flexibilité vis-à-vis des types de trafic et des applications « Triple Play » (Internet, téléphonie, télévision). La méthode d'encapsulation G-PON générique est capable de combiner des données IP, Ethernet, VoIP et de bien d'autres types encore. Aujourd'hui, la technologie G-PON est considérée de facto comme la norme PON, avec des réseaux couvrant des distances de 20 à 40 km en fonction du rapport de division adopté, par rapport à la fibre optique monomode

Types de services PON

❖ E-PON

E-PON est une autre norme de l'IEEE pour les réseaux optiques passifs. Elle a été développée pour fournir une compatibilité homogène avec les appareils Ethernet. Basée sur la norme IEEE 802.3, l'E-PON n'a besoin d'aucun protocole d'encapsulation ou de conversion supplémentaire pour se connecter aux réseaux basés sur Ethernet. Cela s'applique au transfert des données ascendant aussi bien que descendant. L'E-PON conventionnel peut prendre en charge des débits ascendant et descendant symétriques pouvant atteindre 1,25 Gbit/s. Tout comme les réseaux G-PON, les réseaux E-PON peuvent s'étendre sur 20 à 40 km (distance qui dépend une fois encore du rapport de division) et utilisent des longueurs d'onde similaires de 1 310 nm dans le sens ascendant et de 1 490 nm dans le sens descendant

Types de services PON

❖ 10G-E-PON

La toute dernière norme, appelée 10G-E-PON, augmente les vitesses jusqu'à des débits ascendant et descendant symétriques de 10 Gbit/s. De plus, elle fonctionne à différentes longueurs d'onde sur les réseaux E-PON (1 577 nm dans le sens descendant et 1 270 nm dans le sens ascendant), ce qui permet d'utiliser le même réseau PON pour les normes E-PON et 10G-E-PON simultanément. Ce mécanisme permet une mise à niveau uniforme du service et augmente la capacité des réseaux PON existants

❖ XG(S)PON

La version 10G du G-PON se nomme XG-PON. Ce nouveau protocole prend en charge un débit descendant de 10 Gbit/s et un débit ascendant de 2,5 Gbit/s. Bien que les conventions relatives à la fibre optique physique et au formatage des données soient identiques à celles du G-PON initial, les longueurs d'onde ont changé, tout comme pour la norme 10G-E-PON, et sont désormais de 1 577 nm dans le sens descendant et de 1 270 nm dans le sens ascendant.

Types de services PON

❖ **NG-PON2**

Au-delà du XG(S), on trouve la norme NG-PON2 qui utilise un multiplexage (WDM) avec de multiples longueurs d'onde de 10G, aussi bien dans le sens ascendant que dans le sens descendant, afin de fournir un débit de service symétrique de 40 Gbit/s.

Avantages/limites des réseaux optiques passifs

Avantages	limites
Une consommation d'énergie efficace	
	Distance, La limite de portée d'un réseau PON
Une infrastructure simplifiée et des mises à niveau facilitées	
	Vulnérabilité élevée en cas de coupure
Une utilisation efficace de l'infrastructure	
Une maintenance facilitée	

Merci A vous tous

