

MOOC Réseaux d'accès optiques FTTH

Chapitre 1 : Introduction aux réseaux d'accès optiques FTTH

Catherine LEPERS

Professeur

Institut Mines-Telecom /Telecom SudParis

Table des matières

S1L1 : Pourquoi déployer des réseaux d'accès optiques ?	4
La montée en débit des technologies xDSL	4
Définition du très haut débit	4
Les réseaux d'accès FTTx	5
Hiérarchie des réseaux optiques	5
Les débits des différents services	6
Temps de téléchargement d'une vidéo de 800 Moctets	6
S1L2 : Qu'est-ce qu'une liaison à fibre optique ?	8
Schéma d'une liaison à fibre optique	8
La fibre optique	8
La propagation de la lumière dans la fibre optique	9
Le spectre des longueurs d'onde	10
Les causes d'atténuation de la lumière dans la fibre optique	10
Atténuation intrinsèque	10
Atténuation extrinsèque	11
Tableau d'équivalences pertes (valeurs relatives en dB)	12
S1L3 : Les différentes architectures de réseaux d'accès optiques	13
Longueurs d'ondes des réseaux d'accès optique	13
L'architecture point à point	13
Tableau d'équivalences mW / dBm	14
L'architecture point multipoint	14
Conclusion	15
S1L4 : Qu'est-ce qu'un réseau GPON ?	16
Technologie GPON : solution point multipoint	16
Transmission des données (Gigabit PON)	16
Choix des longueurs d'onde	17
La norme du GPON	18
S1L5 : Quels sont les composants actifs et budget d'un réseau GPON ?	19
Le module optique de l'OLT	19
Signaux reçus à l'OLT	19
Le module optique de l'ONU	20
Evolution de L en fonction du nombre d'ONUs	20
S1L6 : Les futures générations de PON	22
Les réseaux NGPON1 : XGPON1 et XGPON2	22

Le réseau NGPON2 : le multiplexage TWDM	22
Spécifications du NGPON2 à 4 λ	23

S1L1 : Pourquoi déployer des réseaux d'accès optiques ?

La montée en débit des technologies xDSL

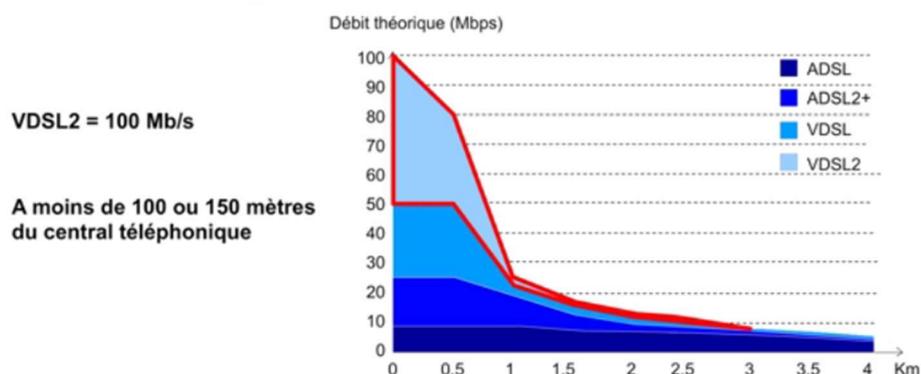


Figure 1 : Débit théorique en fonction de la portée

Les technologies xDSL reposent sur l'utilisation des réseaux téléphoniques. Avec l'ADSL, on peut atteindre des débits de 10 Mb/s, jusqu'à quatre kilomètres du central téléphonique. Avec la VDSL2, on peut atteindre un débit de 100 Mb/s, à condition d'être à 100-150 mètres du central téléphonique. La fibre optique permet d'étendre ce rayon de couverture avec des débits beaucoup plus importants.

Définition du très haut débit

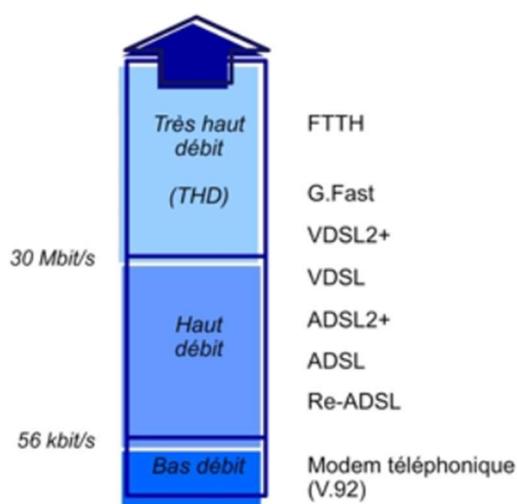


Figure 2 : Evolution du débit en fonction des technologies xDSL et FTTH

La notion de débit correspond à la quantité d'informations échangées entre deux terminaux pendant un temps donné. Tant que ce débit est inférieur à 30 Mb/s, on parle d'offres bas débit ou haut débit. Ces offres haut débit HD sont dispensées essentiellement par les technologies XDSL. Dès lors qu'on dépasse 30 Mb/s, on parle, en France, d'offres très haut débit, c'est ce que pourra nous offrir la fibre optique et les réseaux FTTH.

Les réseaux d'accès FTTx

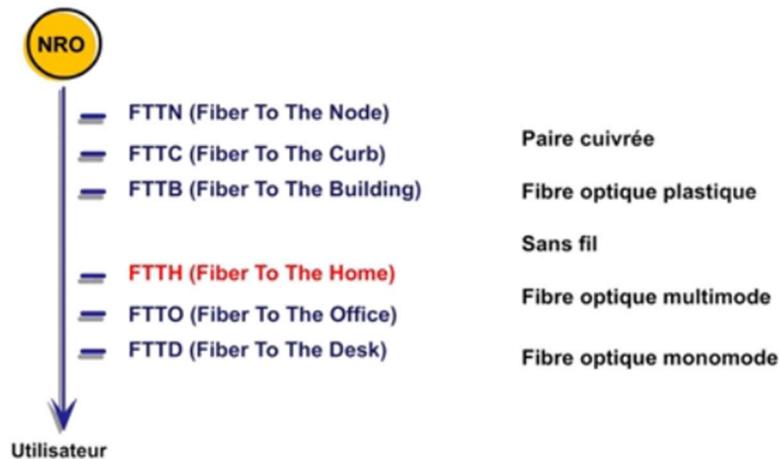


Figure 3 : réseaux d'accès FTTx

Les différentes technologies FTTx constituent l'offre de déploiement des réseaux d'accès. On déploie de la fibre optique monomode jusqu'au trottoir, jusqu'au bâtiment, jusqu'à la maison, jusqu'au bureau. Les derniers mètres sont réalisés avec d'autres supports, qui peuvent être de la paire cuivrée, de la fibre optique plastique, une solution sans fil, de la fibre optique multimode. Seule la solution FTTH, fibre jusqu'à la maison, utilise la fibre optique monomode jusqu'au domicile de l'utilisateur.

Hiérarchie des réseaux optiques

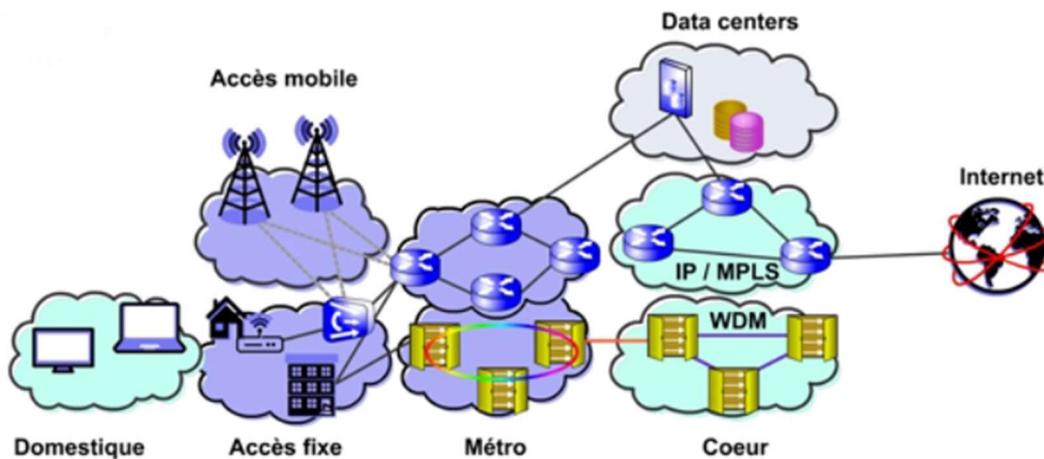


Figure 4 : Segments de réseaux optiques

Les réseaux optiques sont hiérarchisés suivant leur débit et leur distance de couverture. Les réseaux cœur relient les différents continents sur quelques dizaines de milliers de kilomètres. Ils transportent des informations au débit de 100, voire 400 Gb/s. Les réseaux métropolitains relient les villes entre elles sur quelques centaines de kilomètres, à des débits de 10, voire 40, voire 100 Gb/s. Le réseau métropolitain (métro) réalise l'interface avec le réseau cœur et

collecte l'ensemble des informations venant des réseaux d'accès filaire (accès fixe) et mobile.

Les débits des différents services

Services HD et THD		
	HD performant (~10Mbit/s descendant)	THD avec débits symétriques (à partir de 30Mbit/s montant et descendant)
Navigation web	Fluide	Fluide
Télévision	SD et HD	SD, HD, THD, TV UHD 4k....
Usages simultanés	Limités	TVHD multi-écrans et navigation web fluide simultanément
Informatique distribuée Echanges de données	Possible	Rapide
Vidéoconférence	Bonne qualité	Très bonne qualité et fluidité

Figure 5 : Services HD et THD

Parmi les nouveaux services très haut débit, on peut citer :

- le Cloud, qui permet de stocker des données dans le réseau, de les partager et de les consulter à distance
- la vidéoconférence qui, grâce au très haut débit, sera plus fluide, de meilleure qualité, et pour le son et pour l'image, ainsi que les nouveaux formats de télévision tels que la télévision 3D ou l'ultra haute définition
- le développement de la domotique permettant de contrôler à distance l'ensemble des équipements électriques de la maison, et de participer au maintien à domicile des personnes dépendantes, en les rendant plus autonomes, en contrôlant des instruments professionnels.

Temps de téléchargement d'une vidéo de 800 Moctets

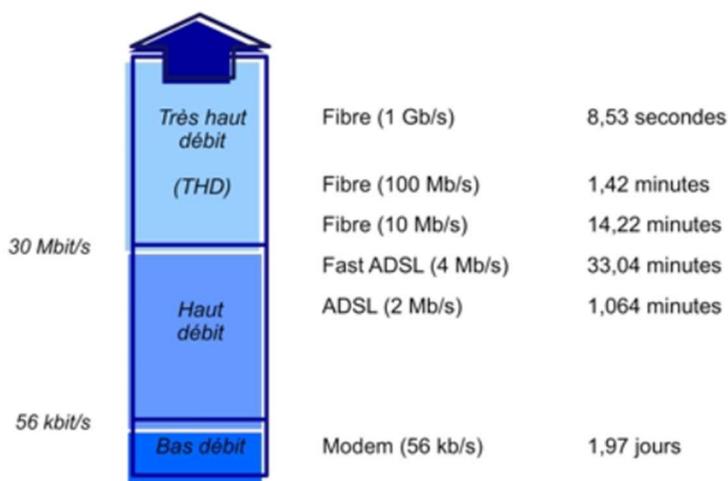


Figure 6 : Temps de téléchargement d'une vidéo de 800 Moctets

Avec l'apparition du très haut débit, le téléchargement de contenus de grande capacité est également facilité. Ainsi, par exemple, le temps de téléchargement d'une vidéo de 800 Moctets prenait quasiment deux jours avec un modem téléphonique à 56 kb/s et prend désormais 1,42 minute avec la technologie FTTH à 100 Mb/s.

S1L2 : Qu'est-ce qu'une liaison à fibre optique ?

Schéma d'une liaison à fibre optique

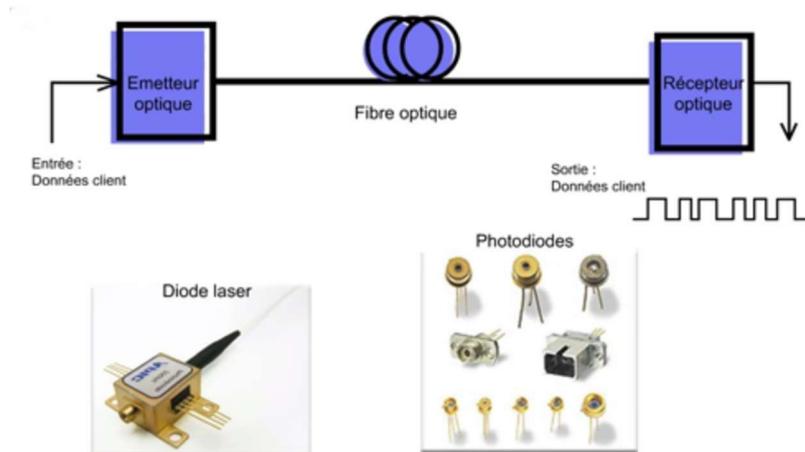
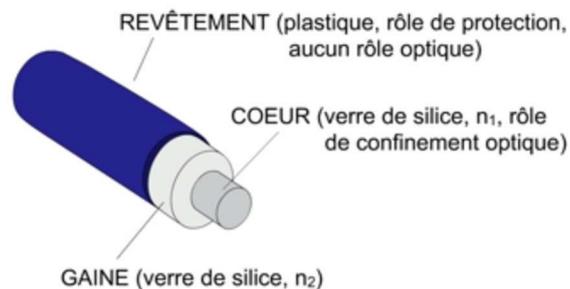


Figure 1 : Schéma d'une liaison à fibre optique

Une liaison à fibre optique est constituée d'un émetteur optique et d'un récepteur optique reliés par une fibre optique. Les données du client modulent la lumière issue de l'émetteur optique, sont transmises dans la fibre optique reçues par le récepteur optique. À l'intérieur de l'émetteur optique, le principal composant d'émission de la lumière est une diode laser. À l'intérieur du récepteur optique, le principal composant de réception de la lumière est une photodiode.

La fibre optique

La fibre optique présente de nombreux avantages, en particulier des faibles pertes, une large bande passante, des faibles dimensions, un faible poids, aucune interférence électromagnétique et une grande résistance aux attaques chimiques et aux variations en température.



$n_1 > n_2$: condition de guidage de la lumière

Figure 2 : La fibre optique

La fibre optique est composée de deux cylindres concentriques de verre de silice. Le cœur de la fibre est le premier cylindre de plus petit diamètre, il a un indice de réfraction n_1 et il assure le confinement de la lumière. Le deuxième cylindre, appelé gaine, a un indice de réfraction n_2 . Pour assurer le guidage de la lumière, il faut respecter la condition de guidage de la lumière dans la fibre à savoir : $n_2 < n_1$.

Le revêtement en polymère permet de protéger l'ensemble « cœur + gaine » et n'a aucun rôle optique.

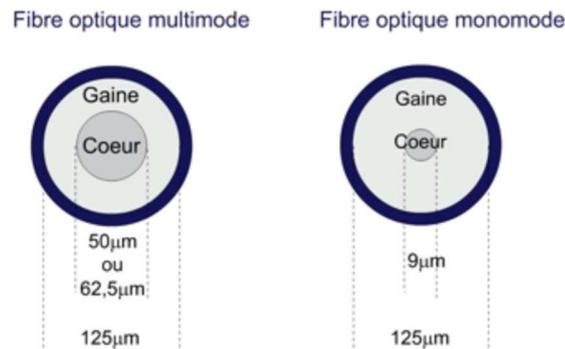


Figure 3 : Fibres optiques multimode et monomode

Il existe deux sortes de fibres optiques : la fibre optique multimode et la fibre optique monomode. La fibre optique multimode a un diamètre de cœur de 50 μm ou 62,5 μm et un diamètre de gaine de 125 μm . La fibre optique monomode a un diamètre de cœur beaucoup plus petit de 9 μm et un diamètre de gaine de 125 μm . Dans les réseaux FTTH, les opérateurs installent de la fibre optique monomode.

La propagation de la lumière dans la fibre optique

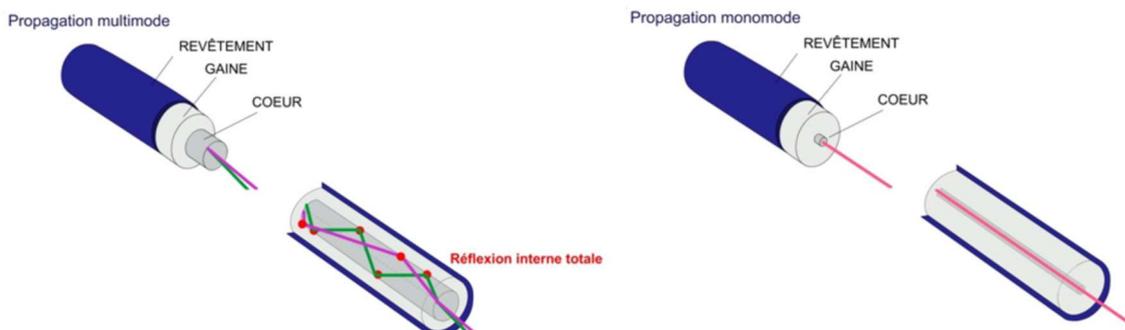


Figure 4 : Propagation de la lumière dans la fibre

La fibre optique est un guide d'ondes qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière. Comme vu précédemment, elle est constituée d'un cœur entouré d'une gaine. Le cœur de la fibre a un indice de réfraction légèrement plus élevé que celui de la gaine. Sous certaines conditions d'injection de la lumière dans le cœur, la lumière est entièrement réfléchi de multiples fois à l'interface cœur-gaine et il est alors possible de confiner totalement la lumière à l'intérieur du cœur de la fibre : c'est le phénomène de réflexion interne totale.

Dans une fibre multimode, il existe plusieurs modes de propagation de la lumière correspondant à différents trajets optiques des rayons lumineux (illustration d'une propagation de la lumière dans une fibre multimode à saut d'indice). Dans une fibre optique monomode, il n'existe qu'un mode de propagation de la lumière correspondant à un seul trajet des rayons lumineux.

Le spectre des longueurs d'onde

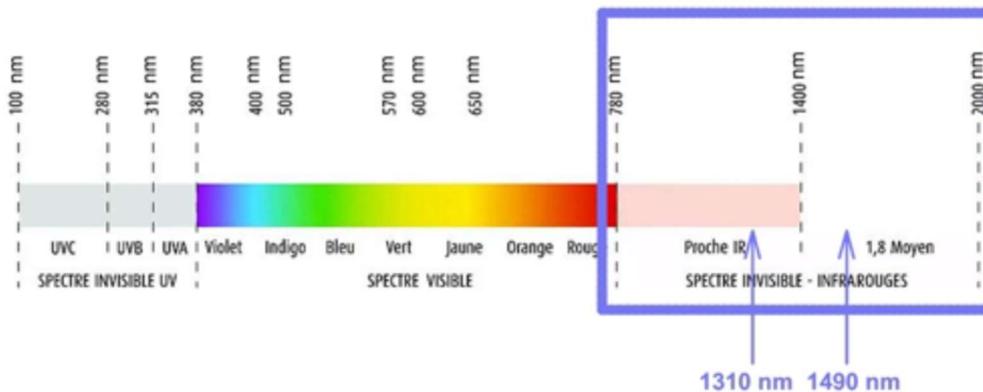


Figure 5 : Le spectre des longueurs d'onde

Le spectre des longueurs d'onde est décomposé en trois parties : le spectre invisible correspondant au rayonnement UV, le spectre visible correspondant aux couleurs visibles de l'arc-en-ciel et à la décomposition en longueurs d'onde de la lumière blanche et le spectre invisible correspondant aux infrarouges qui se trouve donc au-delà du rouge. Ce spectre invisible concernera les réseaux optiques et les données seront transmises grâce aux longueurs d'onde 1310 nm et 1490 nm de ce spectre infrarouge.

Les causes d'atténuation de la lumière dans la fibre optique

Il existe deux causes d'atténuation de la lumière dans la fibre optique : l'atténuation intrinsèque et l'atténuation extrinsèque.

Atténuation intrinsèque

L'atténuation intrinsèque dans la fibre dépend du matériau et de la longueur d'onde. On considère les pertes par absorption de la silice au-delà de 1,6 μm et les pertes par diffusion avant 1,6 μm . Dans les pertes par diffusion, il y a la diffusion due aux hétérogénéités d'indice de réfraction du cœur ou diffusion Rayleigh et il y a la diffusion due aux irrégularités de l'interface cœur-gaine.

Dans la courbe d'évolution de l'atténuation intrinsèque de la fibre en dB/km en fonction de la longueur d'onde, on observe ci-dessous la diffusion de Rayleigh due à l'interaction de la lumière avec le verre avec une décroissance de la courbe en $1/\lambda^4$.

:

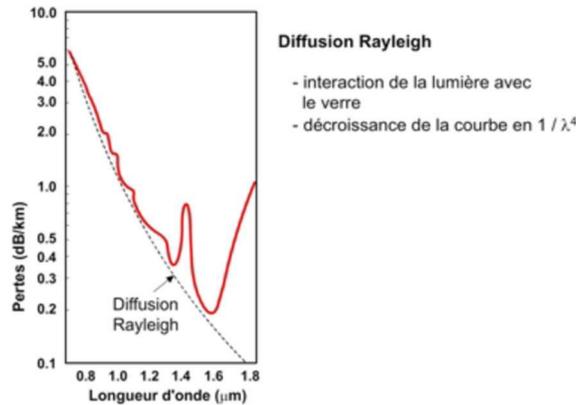


Figure 6 : Diffusion Rayleigh

On observe également ci-dessous la remontée de ces pertes au-delà de 1,6 µm due à l'absorption de la silice dans l'infrarouge. On note également la présence de pics d'absorption à 1,24 µm et 1,39 µm dus à la présence de molécules d'eau dans le processus de fabrication de la fibre. Les pertes de la fibre sont minimales et égales à 0,2 dB/km pour une longueur d'onde de 1,5 µm : la fenêtre autour de 1,5 µm où l'atténuation de la fibre est minimale, sera considérée comme la troisième fenêtre de transmission des données dans le domaine des télécommunications.

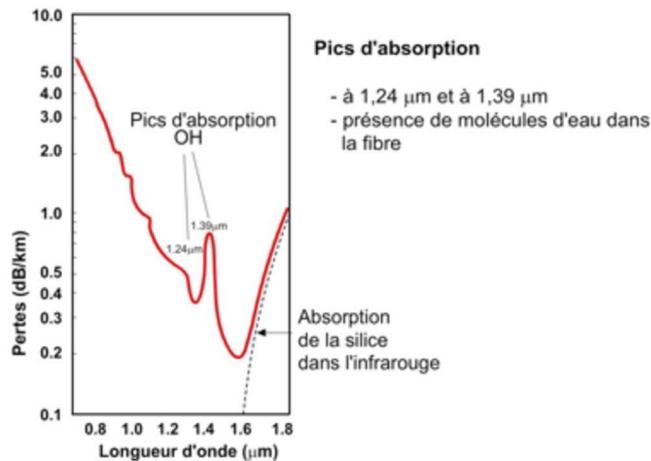


Figure 7 : Absorption de la silice dans l'infrarouge

Atténuation extrinsèque

Les pertes d'atténuation extrinsèque concernent les pertes par rayonnement dues aux courbures de la fibre, les pertes de raccordement (épissures (ou soudures) de fibres et connecteurs) et les pertes par couplage de la lumière en entrée et en sortie de fibre.

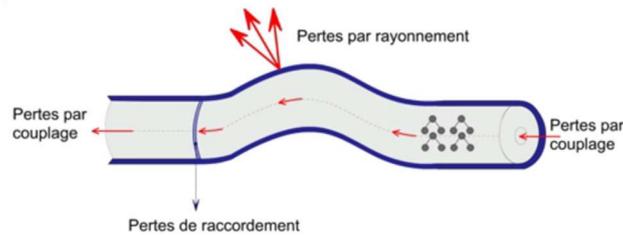


Figure 8 : Atténuation extrinsèque

Tableau d'équivalences pertes (valeurs relatives en dB)

Les pertes sont évaluées en calculant le rapport entre la puissance en sortie P_s du composant (fibre, épissure, connecteur, atténuateur,...) et la puissance en entrée P_e du composant. Ce rapport sera souvent exprimé en dB (tableau d'équivalences ci-dessous).

- 0,2 dB/km = atténuation de la fibre à 1,5 μm
- à 10 kms : atténuation = 2dB
- à 15 kms : atténuation = 3dB
- Puissance en entrée de fibre est atténuée de 50 %

$\frac{P_s}{P_e}$	$\left(\frac{P_s}{P_e}\right)_{\text{dB}}$
x 100	+ 20
x 10	+ 10
x 2	+ 3
x 1	0
x 0,5	- 3
x 0,1	- 10
x 0,01	- 20

Tableau : Equivalences pertes

Exemple : Considérons une fibre optique d'atténuation 0,2 dB/km à 1,5 μm :

- à 10 kms, la puissance P_e du signal lumineux introduit dans la fibre sera atténuée de 2 dB.
- à 15 kilomètres, la même puissance P_e sera atténuée de 3 dB, ce qui correspond, d'après le tableau d'équivalences pertes, à une puissance du signal lumineux de sortie P_s égale à la moitié de la puissance du signal lumineux d'entrée P_e , soit $P_s / P_e = 50 \%$, ou $P_s / P_e = - 3 \text{ dB}$.

S1L3 : Les différentes architectures de réseaux d'accès optiques

Longueurs d'ondes des réseaux d'accès optique

Les opérateurs de télécommunication ont choisi les longueurs d'ondes suivantes dans les réseaux d'accès optique :

- La longueur d'onde $1,49 \mu\text{m}$ a été choisie dans la voie descendante de la tête de réseau vers les utilisateurs. À cette longueur d'onde, l'atténuation est de $0,2 \text{ dB/km}$.
- La longueur d'onde $1,31 \mu\text{m}$ dans la voie montante des utilisateurs vers la tête de réseau. À cette longueur d'onde, l'atténuation de la fibre est de $0,5 \text{ dB/km}$.

L'architecture point à point

Dans l'architecture point à point, l'utilisateur final est relié à la tête de réseau par un lien optique. Lorsque ce lien optique est constitué de deux fibres, les données de la voie montante et de la voie descendante empruntent ces deux fibres. Dans ce cas, il n'y a aucun problème de collision entre les données descendantes et les données montantes.

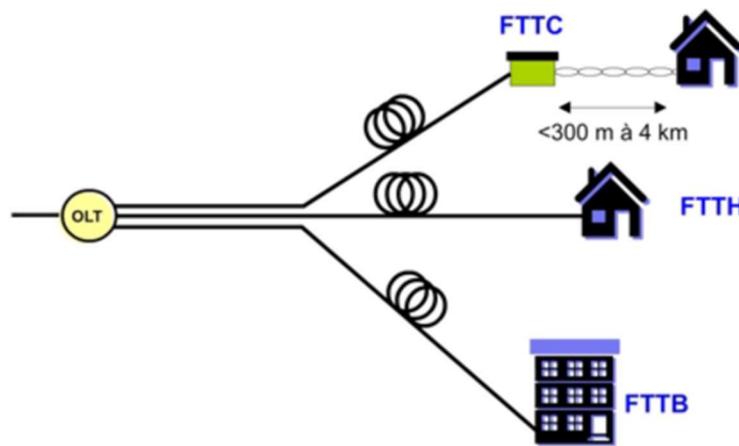
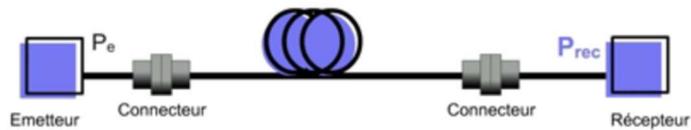


Figure 1 : Architecture point à point

Exemple de calcul du bilan d'une liaison point à point :

Considérons une liaison constituée d'un émetteur optique situé dans l'OLT (Optical Line Terminal) de puissance d'émission P_e en dBm et de longueur d'onde $1,49 \mu\text{m}$, de deux connecteurs d'atténuation $0,5 \text{ dB}$ chacun, d'une fibre optique de longueur L . A cette longueur d'onde, l'atténuation de la fibre est de $0,2 \text{ dB/km}$. Nous prenons en compte également, à la mise en service, d'une marge de vieillissement de la liaison de 3 dB pour tenir compte du vieillissement de l'émetteur optique.



- Calcul de la puissance reçue P_{rec} en dBm

$$P_{rec} \text{ (dBm)} = P_e \text{ (dBm)} - 0,2xL \text{ (dB)} - 2x0,5 \text{ (dB)} - 3 \text{ (dB)}$$

Figure 2 : Calcul d'un bilan de puissance

Dans ces conditions, la puissance reçue en dBm est égale à :

$$P_{rec} \text{ (dBm)} = P_e \text{ (dBm)} - 0,2 \times L \text{ (dB)} - 2 \times 0,5 \text{ (dB)} - 3 \text{ (dB)}$$

Tableau d'équivalences mW / dBm

(valeurs relatives à 1mW)

1000 mW	+ 30 dBm
100 mW	+ 20 dBm
10 mW	+ 10 dBm
2 mW	+ 3 dBm
1 mW	0 dBm
0,5 mW	- 3 dBm
0,1 mW	- 10 dBm
0,01 mW	- 20 dBm
0,001 mW	- 30 dBm

$$P_e \text{ en dBm} = 10 \log_{10} \frac{P_e \text{ lin}}{1 \text{ mW}}$$

Tableau : Equivalences mW/dBm

Supposons une puissance d'émission $P_e = 0$ dBm. Suivant le tableau d'équivalence, cela signifie que la puissance linéaire $P_e \text{ lin}$ est égale à 1 mW. En résumé, les dBm sont des dB rapportés à 1 mW.

L'architecture point multipoint

Le coupleur optique du nœud de l'architecture point multipoint peut être réalisé en optique guidée.

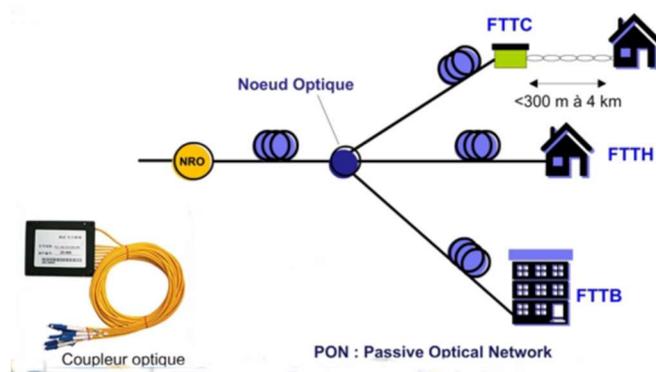


Figure 3 : Architecture point multipoint

Avec ces technologies, lorsqu'on rapproche deux fibres optiques sur une longueur z , la puissance lumineuse injectée dans la branche 1 du coupleur se couple dans les branches 3 et 4 de sortie du coupleur (Fig.4). Suivant cette longueur z , on peut réaliser un coupleur 1 vers 2 avec 50 % de la puissance émise dans les branches 3 et 4 de sortie du coupleur, soit une perte de puissance de 3 dB sur chaque branche de sortie du coupleur. En cascadeant plusieurs coupleurs 1 vers 2, on réalise par exemple un coupleur 1 vers 8.

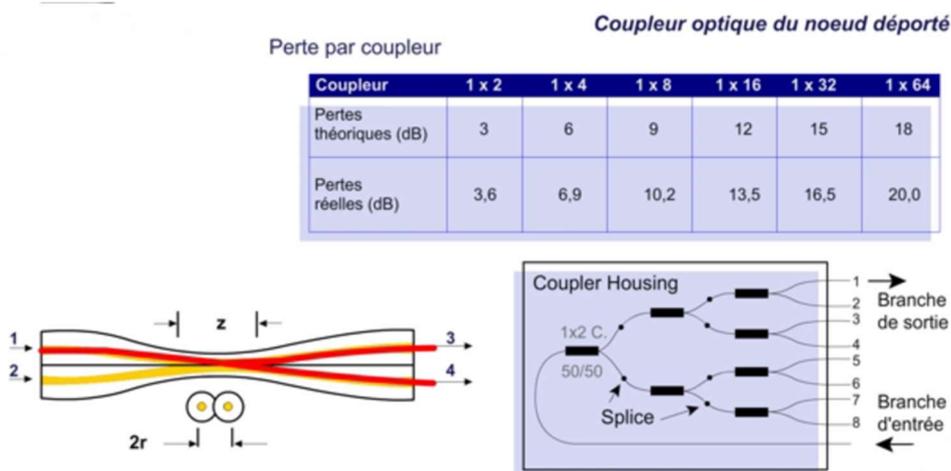


Figure 4 : Le coupleur

Conclusion

En conclusion, il existe donc deux architectures de réseau d'accès optique principales, l'architecture point à point et l'architecture point multipoint. L'architecture point multipoint sera mise en œuvre dans le réseau PON, Passive Optical Network, ou réseau optique passif.

S1L4 : Qu'est-ce qu'un réseau GPON ?

Technologie GPON : solution point multipoint

La solution point multipoint est mise en œuvre avec la technologie GPON (Gigabit PON). Dans la voie montante, on utilise la longueur d'onde 1,31 μm , dans la voie descendante, la longueur d'onde 1,49 μm . Le taux de partage du coupleur est de 1 vers 64, voire 128, utilisateurs. La solution a comme portée, ou rayon de couverture, 20 kms.

Transmission des données (Gigabit PON)

Dans la voie descendante de l'OLT vers les ONU (Optical Network Unit) du réseau GPON, les données sont au débit de 2,5 Gbits/s, elles sont cryptées et encapsulées dans différents slots ou intervalles temporels, c'est ce qu'on appelle le multiplexage temporel des informations. Ces informations sont diffusées en mode diffusion, ou mode broadcast, vers l'ensemble des ONU. Chaque ONU va récupérer les informations qui lui sont destinées grâce à son adresse MAC, Medium Access Control.

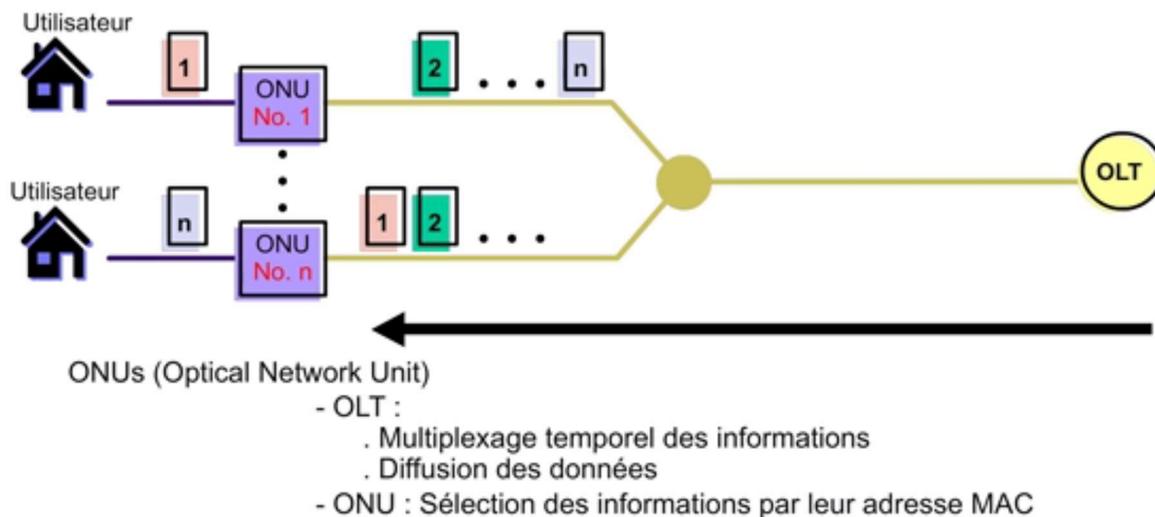
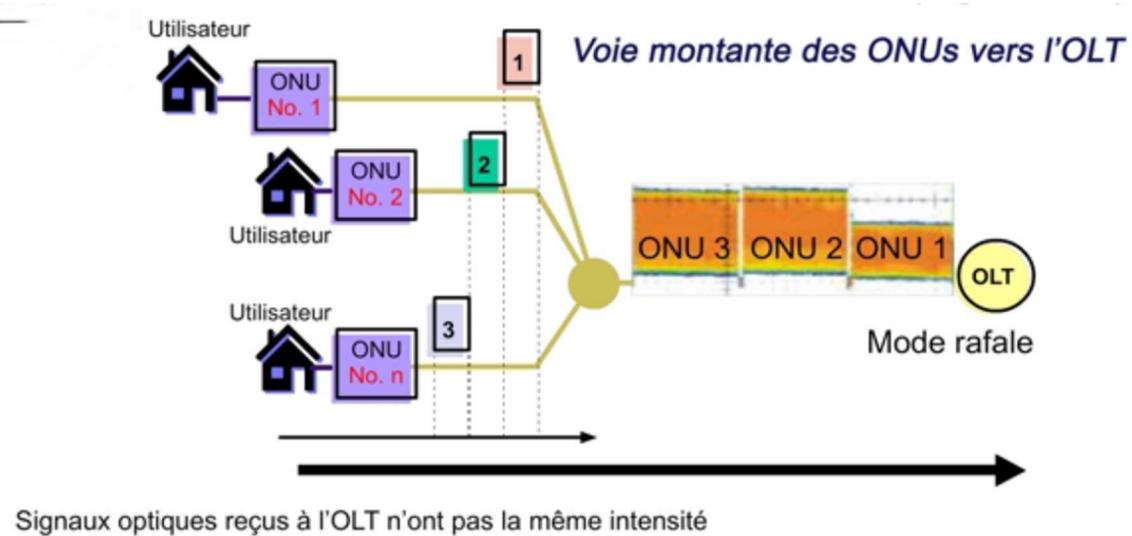


Figure 1 : Voie descendante dans un réseau GPON

Les données de la voie montante dans le réseau GPON sont transmises au débit de 1,25 Gbits/s. Elles sont encapsulées dans des slots temporels en mode TDM, Time Division Multiplexing, comme dans la voie descendante.



- Récepteur de l'OLT en mode "rafale"
- Adaptation du seuil de décision du récepteur de l'OLT

Figure 2 : Voie montante dans un réseau GPON

Comme le montre la figure 2, le récepteur de l'OLT reçoit des données provenant des ONU_{1,2,3}. (enregistrement à l'oscilloscope en orange). Les données de l'ONU₁ ont une amplitude différente, car elles proviennent d'un ONU plus éloigné du récepteur. Ceci est typique d'un mode Burst, ou mode Rafale. Le récepteur de l'OLT devra adapter son seuil de décision à chaque réception de nouvelles données pour décider s'il reçoit des informations à 1 ou à 0.

Choix des longueurs d'onde

Dans la voie descendante, on choisit une diode laser DFB (Distributed Feedback) qui émet à 1,49 μm , ceci pour desservir l'ensemble des utilisateurs. Cette diode laser est stabilisée en température. Dans la voie montante, on choisit une diode laser Fabry-Perot (FP) qui émet à 1,31 μm . Cette diode laser n'est pas stabilisée en température et se trouve dans chaque box utilisateur (ONU).

Choix des longueurs d'onde

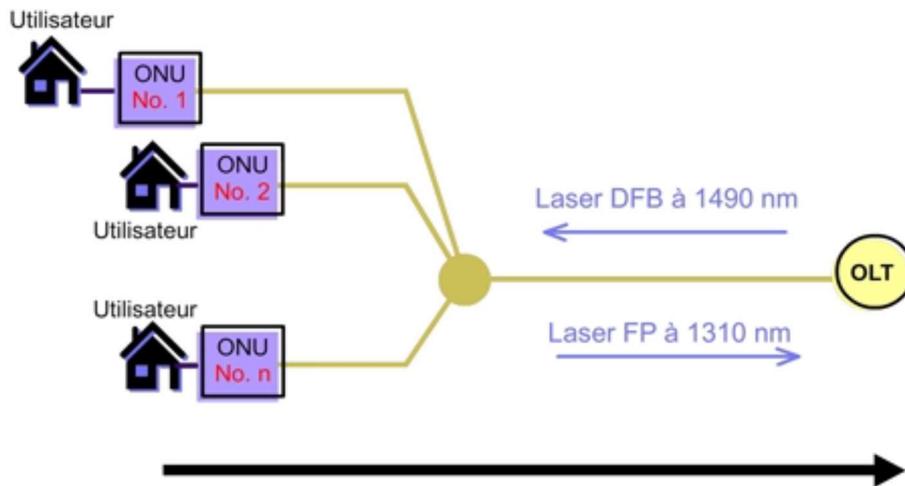


Figure 3 : Longueurs d'onde dans un réseau GPON

La norme du GPON

La norme ITU-T G. 984 du réseau GPON comprend quatre parties :

- La G984. 1 est dédiée à l'architecture, aux débits, à la portée, au taux de partage et au mécanisme de protection
- La G984. 2 est consacrée au budget optique et aux puissances mises en œuvre dans le réseau GPON.
- La G984. 3 explique les mécanismes de transmission entre l'OLT et l'ONU.
- La G984. 4 explicite les échanges entre l'OLT et l'ONU et les différents services.

S1L5 : Quels sont les composants actifs et budget d'un réseau GPON ?

Le module optique de l'OLT

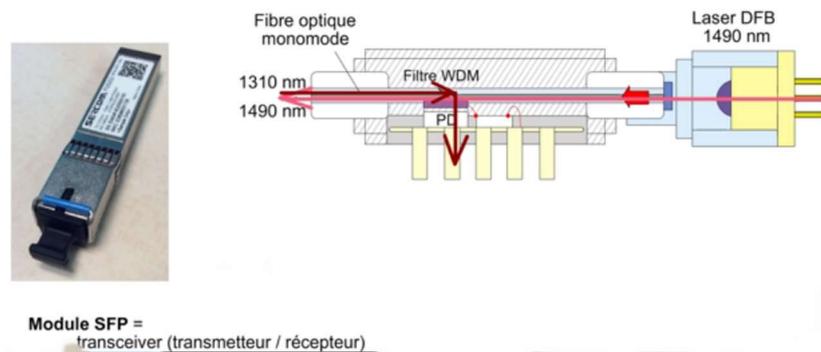


Figure 1 : Le module optique de l'OLT dans un réseau GPON

Le module SFP (Small Form Pluggable) utilisé dans l'OLT est un transceiver. Il comprend trois composants principaux : un laser DFB à 1,49 micromètre, un filtre WDM et une photodiode. Son principe de fonctionnement est le suivant : la lumière issue du laser DFB à un 1,49 μm est injectée dans la fibre optique monomode dans le sens descendant, en passant en transparence dans le filtre WDM. La lumière à 1,31 μm provenant des différents ONUs est réfléchiée par le filtre WDM et reçue par le récepteur de l'OLT.

Signaux reçus à l'OLT

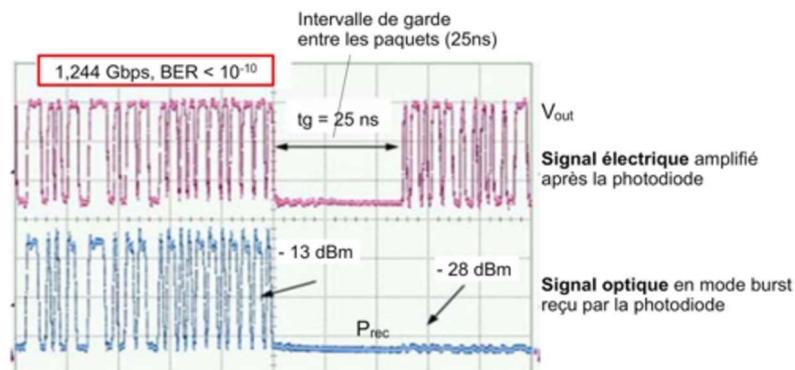


Figure 2 : Signaux reçus à l'OLT

On observe ici le signal optique en mode Burst reçu par la photodiode. Le signal provenant d'un ONU proche d'un OLT a une puissance optique moyenne de -13 dBm. Le signal plus éloigné a une puissance optique moyenne très faible de -28 dBm. Cette puissance optique très faible est très proche du seuil de sensibilité du récepteur, à savoir la puissance minimale que le récepteur est capable de recevoir. Entre les deux signaux, on a un intervalle de garde de 25 ns pendant lequel l'OLT adapte son seuil de décision en fonction de la puissance moyenne du signal à venir. En sortie du récepteur optique, la puissance optique a été convertie en un signal électrique V_{out} . On observe également que le taux d'erreur de la transmission ou Bit Error Rate (BER) est très bon car inférieur à 10^{-10} .

Le module optique de l'ONU

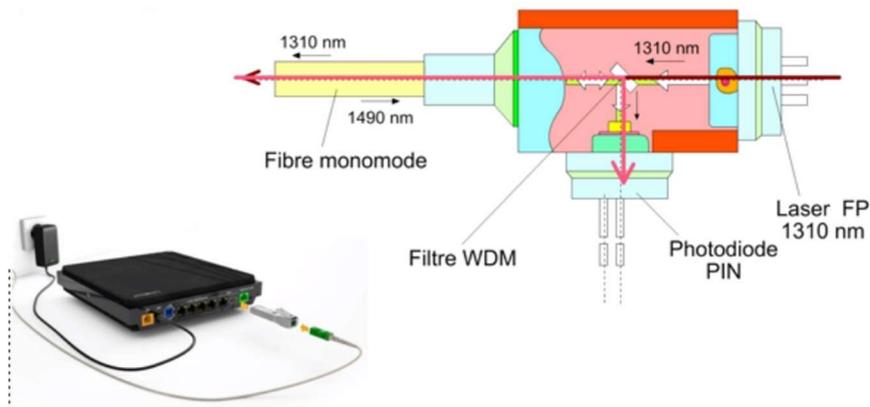


Figure 3 : Le module optique de l'ONU dans un réseau GPON

Le module SFP de l'ONU fonctionne de la même manière que le module SFP de l'OLT, la lumière à 1,31 μm issue du laser Fabry-Perrot est injectée dans la fibre monomode en passant en transparence dans le filtre WDM. La lumière à 1,49 μm provenant de l'OLT est réfléchiée par le filtre WDM et reçue par la photodiode PIN du récepteur de l'ONU.

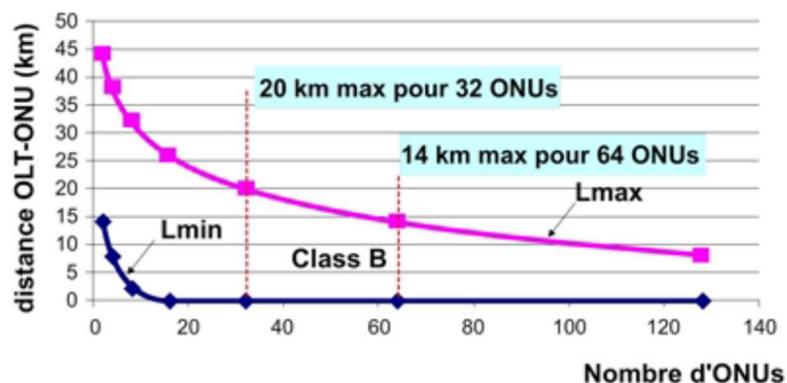
Le budget optique d'un réseau GPON dépend du rayon de couverture du réseau dont la longueur est notée L et du nombre de branches de sortie du coupleur correspondant au nombre d'ONUs 2^k . On considère ici l'atténuation de la fibre à 1,31 μm dans le sens montant, à savoir 0,5 dB/km car l'atténuation est plus défavorable dans le sens montant que dans le sens descendant.

Dans ces conditions, l'atténuation entre les ONUs et l'OLT sera égale à :

$$\text{Att}_{\text{ONU-OLT}} = 0,5 \text{ (dB/km)} \times L \text{ (km)} + 3 \times k \text{ (dB)}$$

où $3 \times k$ correspond aux pertes du coupleur de taux de partage 1 vers 2^k en dB.

Evolution de L en fonction du nombre d'ONUs



- Laser FP de puissance optique 0dBm (class B)
- Sensibilité de la photodiode : - 25 dBm
- Puissance optique de saturation de la photodiode : -10 dBm

Figure 4 : Portée OLT-ONU en fonction du nombre d'ONUs

Pour tracer l'évolution du rayon de couverture ou distance OLT-ONU appelée L en fonction du nombre d'ONUs 2^k , on considère un laser Fabry-Perrot de puissance optique 0 dBm, une photodiode de sensibilité -25 dBm et une photodiode de puissance de saturation -10 dBm. La puissance de saturation correspond à la puissance maximale que la photodiode est capable de détecter sans saturer. Ces données sont définies dans la norme du réseau GPON class B.

On utilise la formule précédente pour déterminer l'évolution du rayon de couverture maximum appelé Lmax correspondant à une atténuation de $0 - (-25 \text{ dBm}) = 25 \text{ dB}$ et du rayon minimum Lmin avec $0 - (-10) = 10 \text{ dB}$. Ceci permet de déterminer qu'un réseau GPON peut desservir 32 utilisateurs pour un rayon de couverture de 20 kms et 64 utilisateurs pour un rayon de couverture de 14 kms. À noter que dans cette étude, nous n'avons pas tenu compte des marges de vieillissement du système.

S1L6 : Les futures générations de PON

Les réseaux NGPON1 : XGPON1 et XGPON2

Dans le réseau GPON, la longueur d'onde dans le sens descendant est de 1,49 μm . Elle est de 1,31 μm dans le sens montant. Les données des différents ONUs sont multiplexées dans des slots temporels suivant la technique de multiplexage TDM (Time Division Multiplexing). Dans la future génération de réseaux GPON, NGPON1, les réseaux XGPON1 ont un fonctionnement identique à celui du réseau GPON avec un débit dans la voie descendante égale à 10 Gbits/s et un débit dans la voie montante égale à 2,5 Gbits/s. Les réseaux XGPON2 ont un débit montant de 10 Gbits/s.

	XGPON 1	XGPON 2
Débit descendant (Gbit / s)	10	
Débit montant (Gbit / s)	2,5	10
Longueur d'onde voie descendante (nm)	1570 - 1580	Non déterminé
Longueur d'onde voie montante (nm)	1260 - 1280	Non déterminé
Portée en Km	60 Km avec Δ de 20 Km	

Tableau : Caractéristiques des réseaux XGPON1 et XGPON2

Le réseau NGPON2 : le multiplexage TWDM

Dans le réseau NGPON2, on introduit la technique de multiplexage WDM tout en gardant la technique TDM. Cette technique hybride est appelée Time Wavelength Division Multiplexing (TWDM). On a un fonctionnement identique au réseau XGPON sur 4 ou 8 longueurs d'onde λ . cela permet d'augmenter le débit et la flexibilité du réseau. Dans la voie descendante, les informations sont multiplexées temporellement sur chaque longueur d'onde issue des 4, voire 8 émetteurs de l'OLT, et diffusées vers les N récepteurs des différents ONUs. Dans la voie montante, les informations remontent en mode Burst au récepteur de l'OLT sur différentes longueurs d'onde affectées aux ONUs.

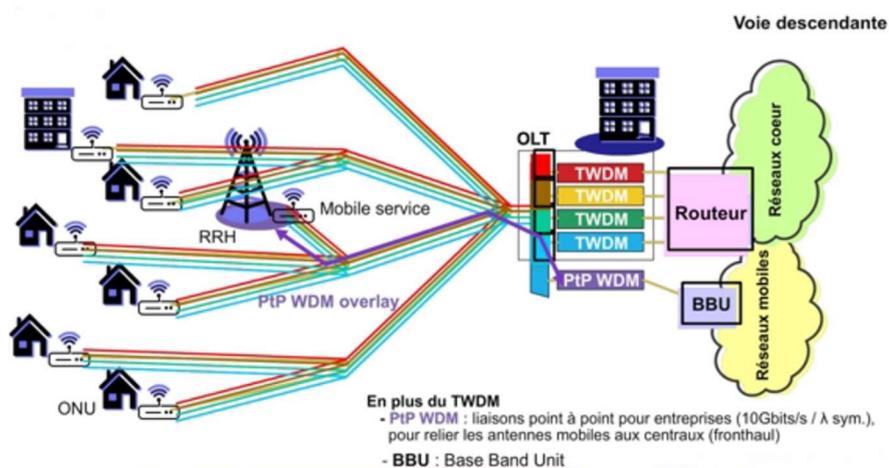


Figure 1 : Réseau NGPON2

Dans le réseau NGPON2, on peut superposer des liaisons point à point WDM en plus du TWDM. Par exemple, on peut superposer une liaison à 10 Gbits/s et par longueur d'onde symétrique pour relier des antennes mobiles aux centraux BBU (Base Band Unit). Cette liaison est appelée (Fronthaul). Cette solution entre dans le cadre de la convergence fixe/mobile des réseaux.

Spécifications du NGPON2 à 4λ

Dans le tableau suivant sont résumées les différentes spécifications du réseau NGPON2

Système	TWDM-PON
Capacité	DD 40G (10G x 4λ), DM 40G (10G x 4λ) DD 40G (10G x 4λ), DM 10G (2,5G x 4λ) DD 10G (2,5G x 4λ), DM 10G (2,5G x 4λ)
Taux de couplage	1:256
Distance	40 km (sans amplificateur)
Co-existence	Tous les PONs natifs
Service	Utilisateurs : privés, entreprises Applications : mobiles, autres

DD : Débit descendant
DM : Débit montant

Tableau du NGPON2 à 4 longueurs d'onde