

Dissertation fibre optique dans le domaine de télécommunication

Une fibre optique est un fil de verre ou de plastique très fin qui à la propriété de conduire la lumière et sert dans les transmissions de données à travers les continents.

La fibre optique date du XXème siècle, mais ce n'est qu'en 1970 qu'il a réellement été développé dans les laboratoires de l'entreprise américaine Corning Glass Works (actuellement Corning Incorporated) pour l'utilisation dans la télécommunication; la fibre optique utilise le principe de réfraction.

Dans un câble analogique on fait passer des impulsions électriques binaires; et dans la fibre ce sont des impulsions lumineuses binaires, on envoie 1 quand c'est allumé et 0 quand c'est éteint.

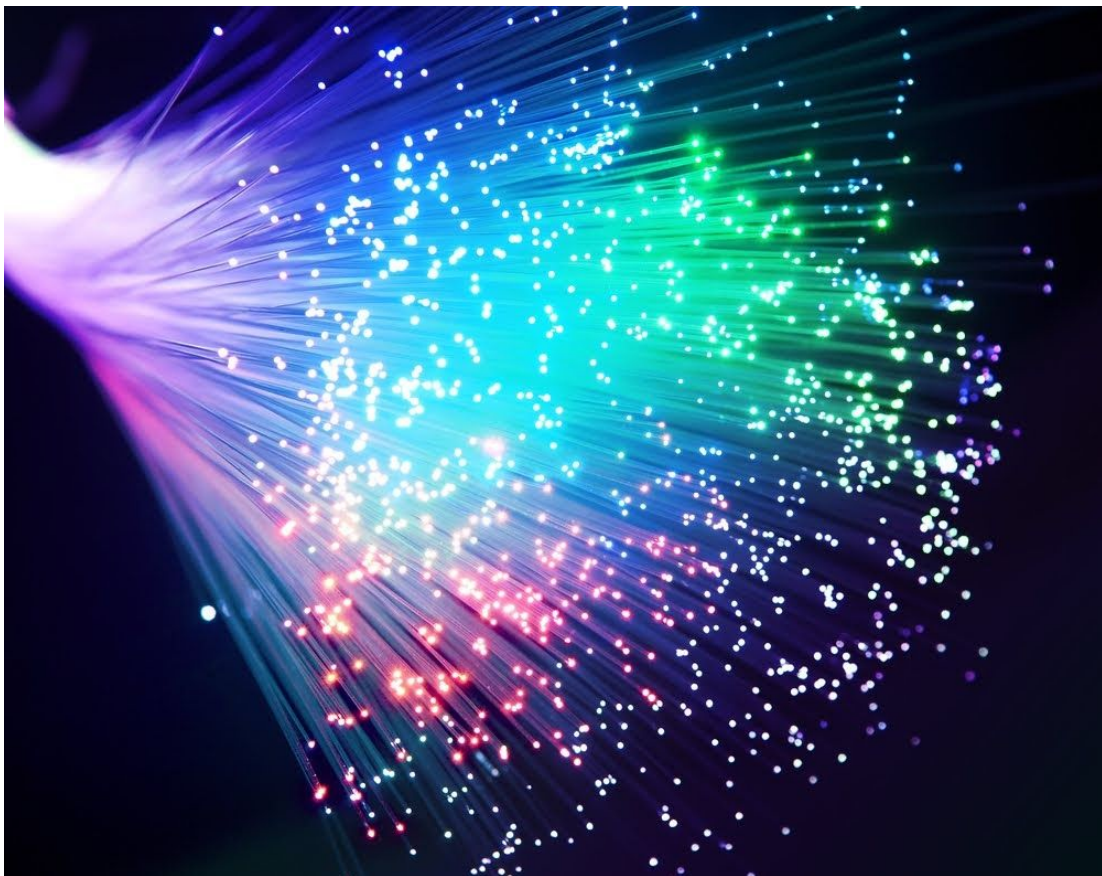


Image de la Fibre Optique -- Crédit : Universfreebox.com

La fibre optique se décompose en plusieurs parties :

Tout d'abord le rayon lumineux, il envoie un signal numérique contenant l'information; qui est convertie par une led ou une diode infrarouge ou un laser; à la sortie il y a un phototransistor qui convertit la lumière en signal électrique binaire.

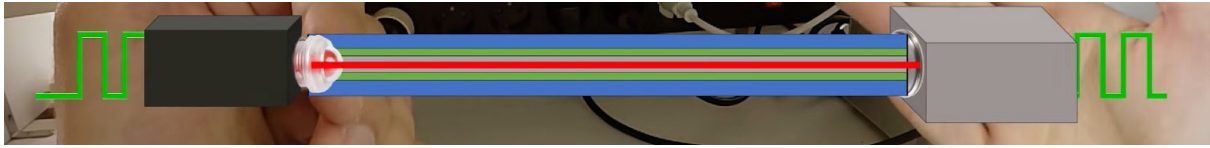


Schéma Fibre Optique -- Crédit : SILIS ELECTRONIQUE

Ensuite le cœur ou l'âme de la fibre optique, il contient le ou les rayons lumineux qui vont transmettre les informations à l'intérieur de la fibre optique, il s'agit d'une fibre de verre en silice qui permet de garder une certaine souplesse sa taille varie en fonction de la catégorie de fibre.

Puis autour du cœur il y a une gaine optique nommée gaine de cladding, c'est une fibre de verre avec des propriétés différentes de celle du cœur, elle confine et réfléchit la lumière dans le cœur pour éviter trop de pertes, la lumière dans le cœur comme un miroir car elle a un indice de réfraction légèrement plus faible que l'âme ; le diamètre du cœur et de la gaine correspond à 125 micromètres.

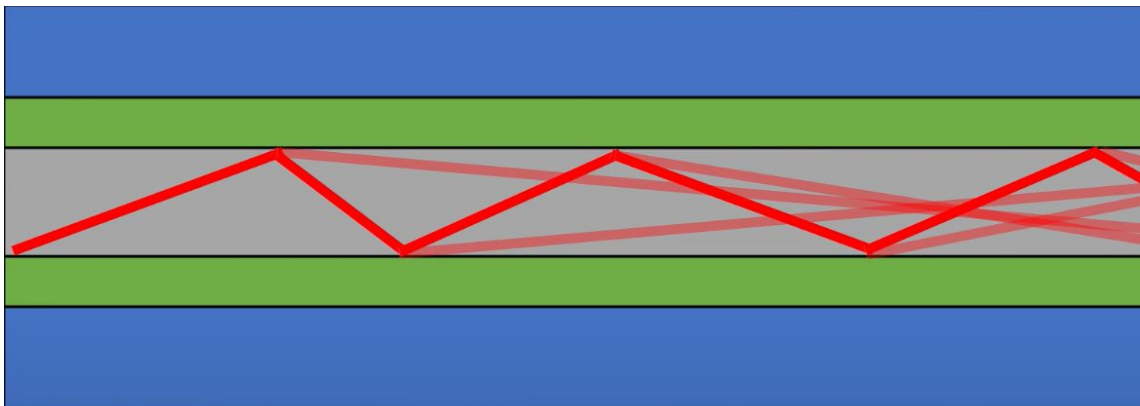


Schéma de la gaine qui confine la lumière dans le cœur -- Crédit : SILIS ELECTRONIQUE

Enfin autour de la gaine, il y a le revêtement primaire nommée la gaine polymère de coating qui permet d'assurer la résistance et la protection du cœur pour un diamètre de 230-250 micromètres.

La vitesse de déplacement de la lumière dans une fibre est de 200 000 km/s ce qui est 30 % moins rapide que dans le vide (300 000 km/s).

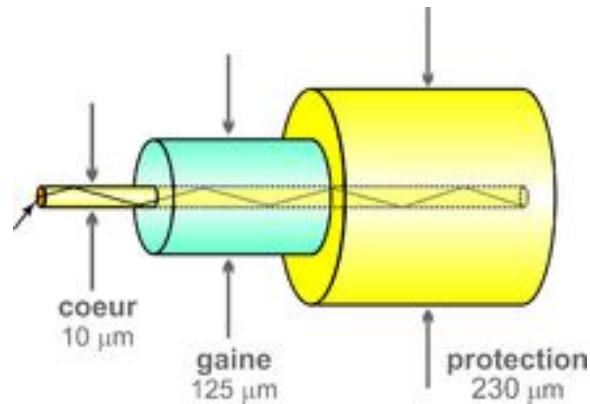


Schéma de la fibre optique -- Crédit : Wikipédia

Les fibres optiques peuvent être classées en deux catégories selon le diamètre de leur cœur et la longueur d'onde utilisée : les fibres monomodes et multimodes.

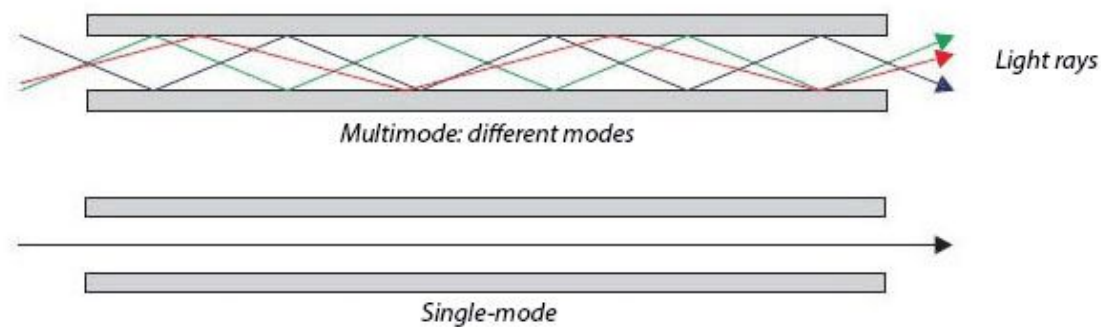


Schéma des deux catégories de fibre optique -- Crédit : BlackBlock.fr

En premier temps la fibre monomode : le rayon est parallèle à la fibre, la fibre monomode permet d'atteindre des distance plus grande, mais sans avoir un signal lumineux très fort, le diamètre du cœur correspond entre 8.5 à 9 micromètres, cette fibre est surtout utilisé dans le WAN ("World/Wide Area Network" un réseau informatique dans lequel les ordinateurs connectés peuvent être éloignés, ayant généralement un rayon de plus de 1 km).

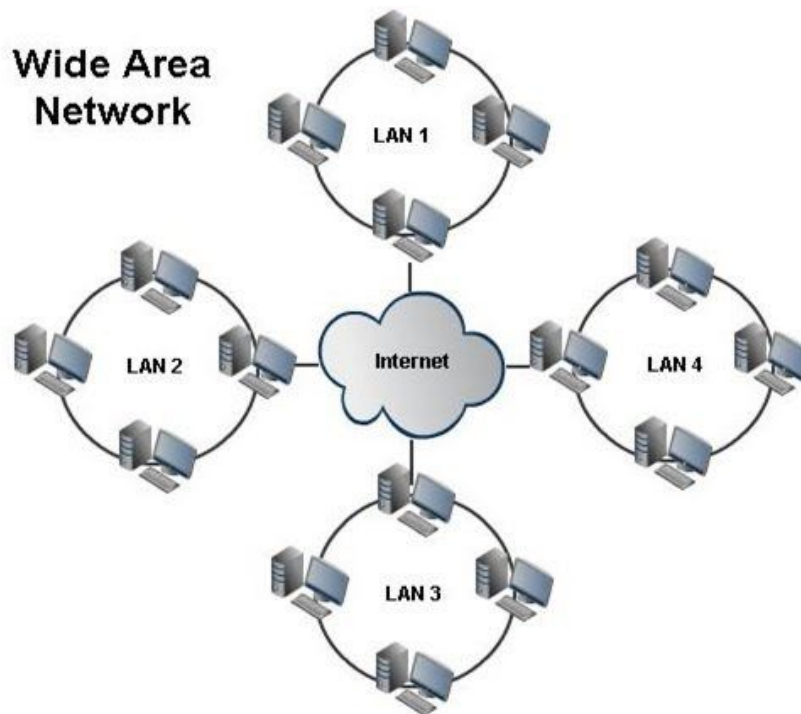


Schéma du WAN--Wikipédia -- Crédit : Community.fs.com

En second temps la fibre multimode (un mode est un angle d'entrée dans le cœur) : dans cette fibre, il y a plusieurs angles d'entrée du rayon, elle correspond à des distances plus courtes mais permet de partager plusieurs données en même temps vu qu'il y a plusieurs entrées et donc un plus gros débit, le diamètre de l'âme correspond à 50 ou 62.5 ou 100 micromètres, cette fibre est utilisée dans le LAN ("Local Area Network" désigne les appareils connectés, par Wi-Fi ou connexion filaire, dans votre domicile ou bureau; il s'agit du réseau personnel.)

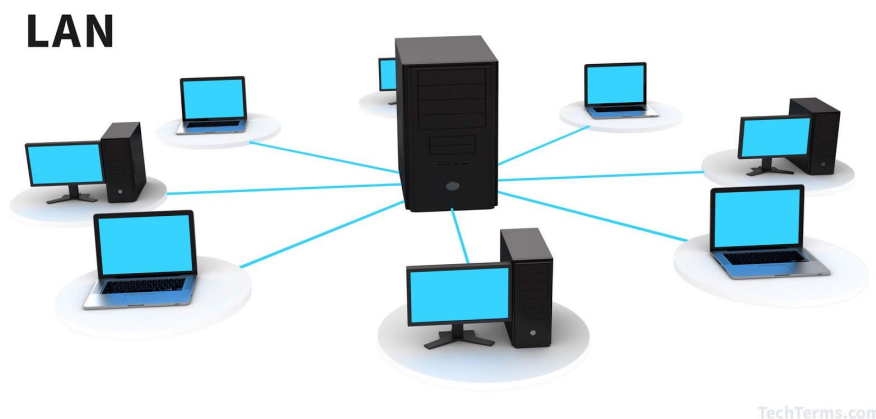


Schéma du LAN--Jerome -- Crédit : Le-routeur-wifi.com

La fibre optique récupérée sur le territoire est envoyée aux NRO ("Noeuds de raccordement optiques", ce sont des locaux remplis de boîtier constitués de plusieurs fibre)



Image NRO de Free -- Crédit : La fibre.info / Vivien

Dans ces NRO se trouve des boîtiers OLT ("Optical Line Termination", ce boîtier peut recevoir des milliers de fibres optiques qui vont desservir des habitations ou d'autres boîtiers)

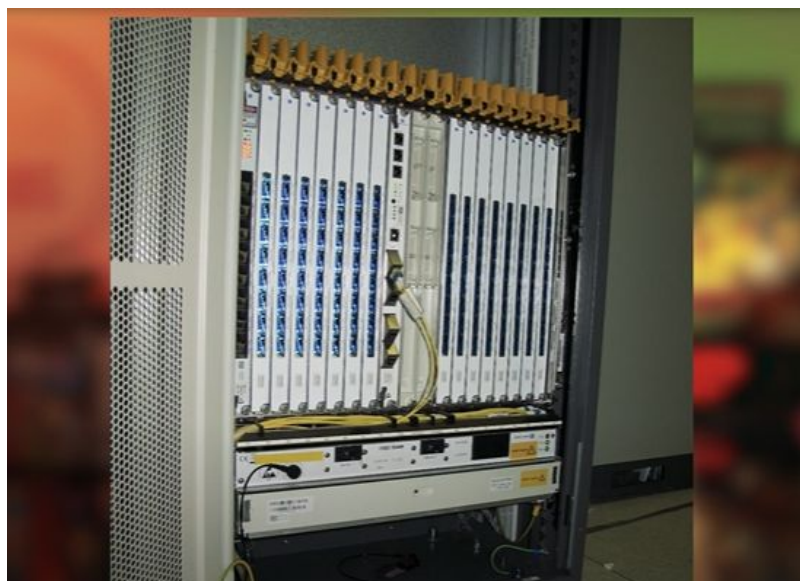


Image OLT de Free -- Crédit : lafibre.info / Vivien

Si les OLT envoient à chaque habitation une fibre optique, c'est la méthode P2P "Point to Point" qui a l'avantage d'avoir un débit nettement supérieur à toutes autres méthodes.

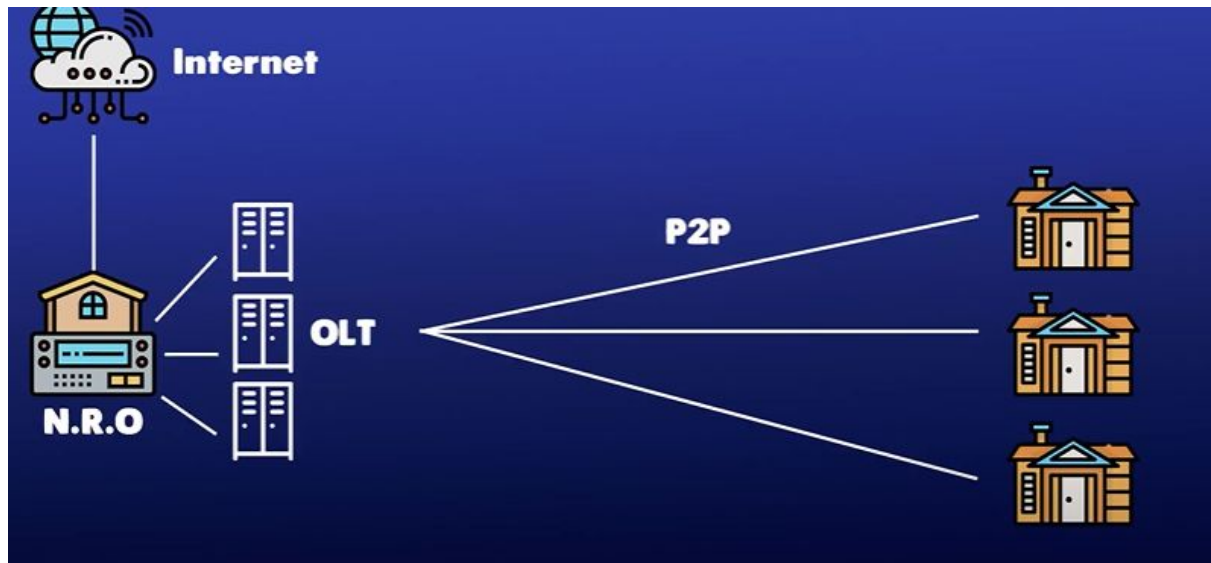


Schéma du P2P -- Crédit : Salut les noobs / Jérôme

Sinon, il y a la méthode du PON "Passive Optical Network", c'est une fibre qui est envoyée à un répartiteur nommé le PEE "Point d'éclatement et d'épissure" qui comme son nom l'indique répartit les fibres vers chacune des habitations

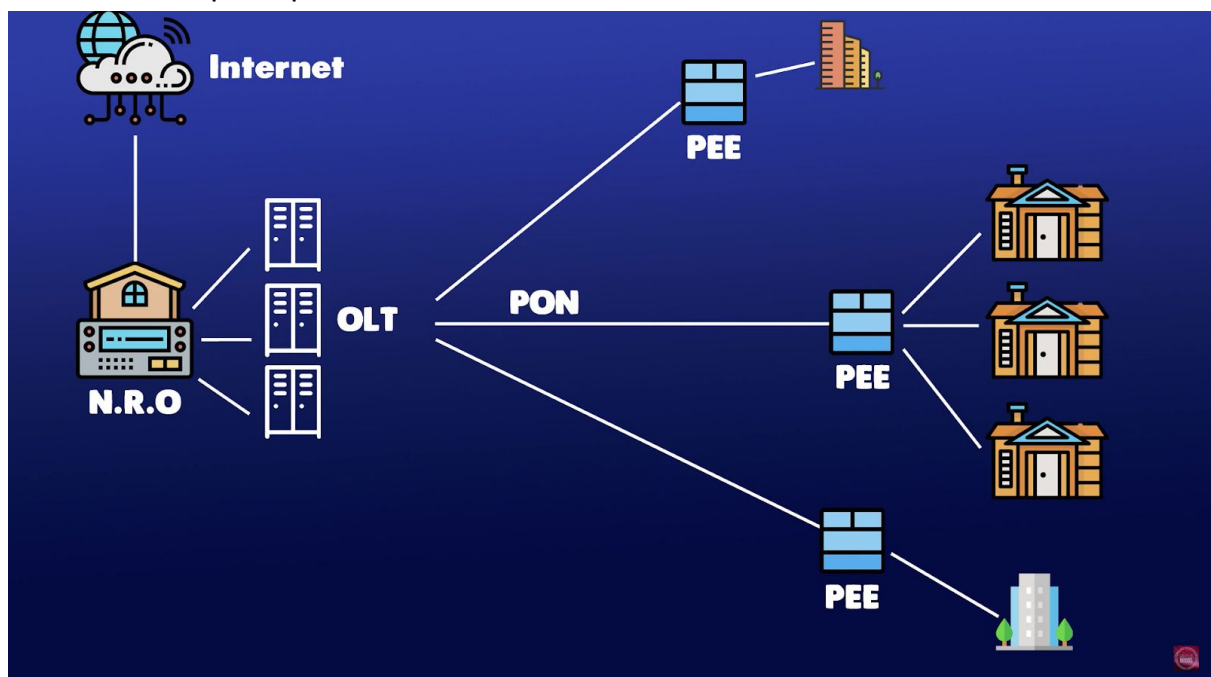
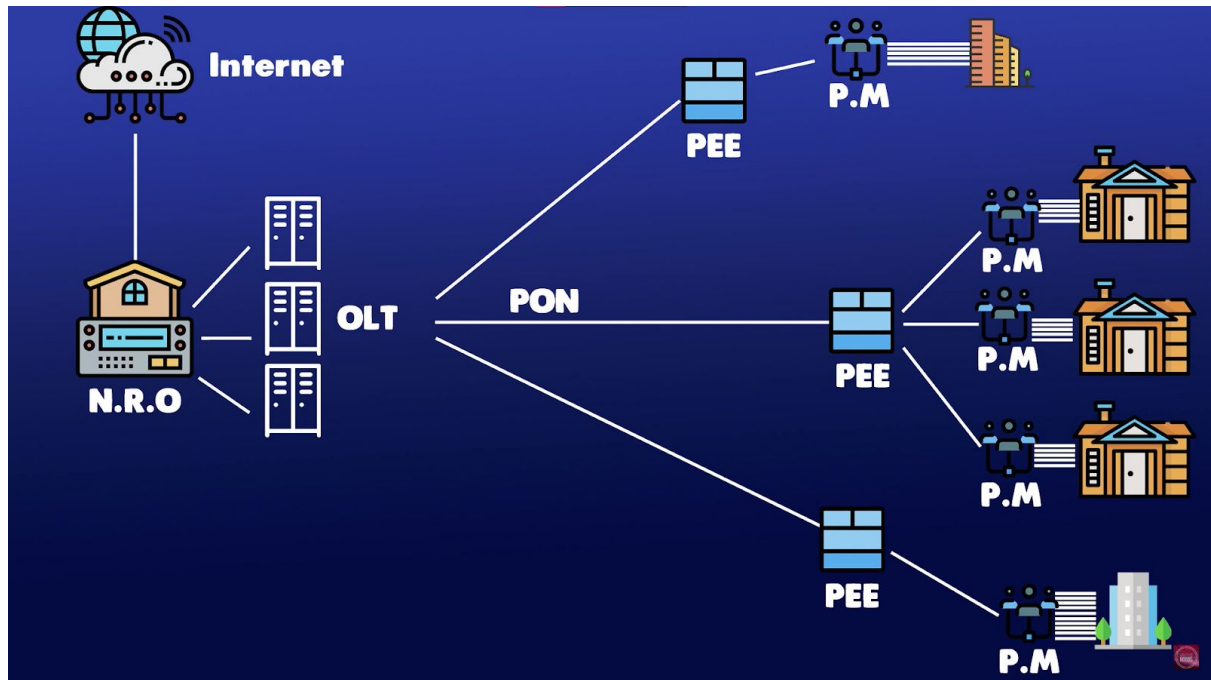


Schéma du PON et PEE -- Crédit : Salut les noobs / Jérôme

Tout le déploiement de cette fibre est un déplacement horizontal , arrivé à l'habitation cela devient un déploiement vertical.

Avant d'arriver aux habitations , la fibre est transférée dans des PM "Point de Mutualisation" pour être envoyée à chaque habitant.



Shéma du P.M -- Crédit : Salut les noobs / Jérôme

Arrivée dans l'habitation ou dans la rue , la fibre optique passe par un PBO "Point de Branchement Optique" puis par un PTO " Point de Terminaison Optique" qui se situe dans le salon de l'habitation et enfin la fibre arrive dans un ONT "Optical Network Termination" qui transforme le signal lumineux en signal électrique

Dans quelle mesure les avantages de la fibre optique permettent un essor de cet outil ?

En premier plan les avantages de la fibre optique;

En premier lieux, les différents types de raccordement et d'installations qui composent la fibre optique pour obtenir différents rendements et différents coûts :

Tout d'abord le FTTH "Fiber To The Home" qui offre la fibre de l'OLT jusqu'à la maison, C'est la technologie actuellement déployée à travers la France par les opérateurs privés et les RIP. Ce type de raccordement est destiné aux particuliers et aux PME. Dans le cadre d'une architecture *PON*, la fibre optique sera partagée entre les abonnés (32 ou 64 abonnés) alors que dans une architecture P2P chaque client disposera de sa fibre dédiée. Cette dernière solution est peu utilisée car plus chère.

Ensuite le FTTLA "Fiber To The Last Amplifier" permet également une connexion en très haut débit mais la fibre optique relie le réseau de l'opérateur à un hub : une armoire de rue ou un boîtier situé au pied de l'immeuble (FTTB dans ce cas). La partie terminale du réseau est constituée de câbles coaxiaux sur les derniers mètres jusqu'à l'abonné.

De plus il existe le FTTB "Fiber To The building" Le FTTB est similaire au FTTLA mais concerne uniquement les réseaux en fibre optique qui arrivent jusqu'à l'intérieur de la propriété privée. Le débit est moins bon car il y a du cuivre dans le bâtiment à la place de la fibre qui est moins rapide mais le coût est moindre.

Par la suite le FTTC "Fiber To The Cabinet", comme son nom l'indique la fibre s'arrête au niveau des répartiteurs dans la rue, suivant la logique le coût est bien moindre mais la qualité du débit est moindre aussi.

De surcroît il existe le FTTN "Fiber To The Neighbourhood", la fibre dans ce cas s'arrête dans le répartiteur d'un bâtiment proche pour qu'ensuite un câble de cuivre soit amené dans le répartiteur du bâtiment concerné.

Puis le FTTP "Fiber to the Distribution Point" il fait référence au réseau en fibre optique à terminaison cuivre, une technique qui a été expérimentée par Orange mais dont l'utilisation est négligeable. Dans cette situation, la fibre arrive jusqu'au bâtiment dans un DPU "Distribution Point Unit" mais la paire de cuivre est ensuite utilisée pour connecter les logements : dans les colonnes montantes, les paliers jusqu'au logement.

Enfin le FTTO "Fiber To The Office" La FTTO concerne les entreprises qui avec ce type d'offre peuvent bénéficier d'une fibre dédiée depuis le NRO jusqu'à leur local, au lieu d'une fibre partagée dans le cas du FTTH avec architecture PON.

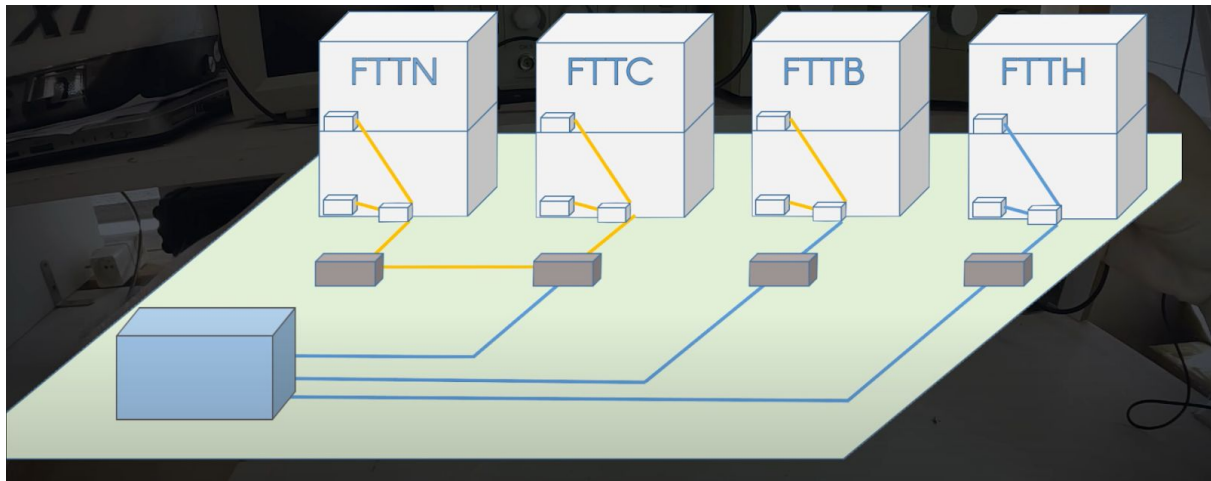
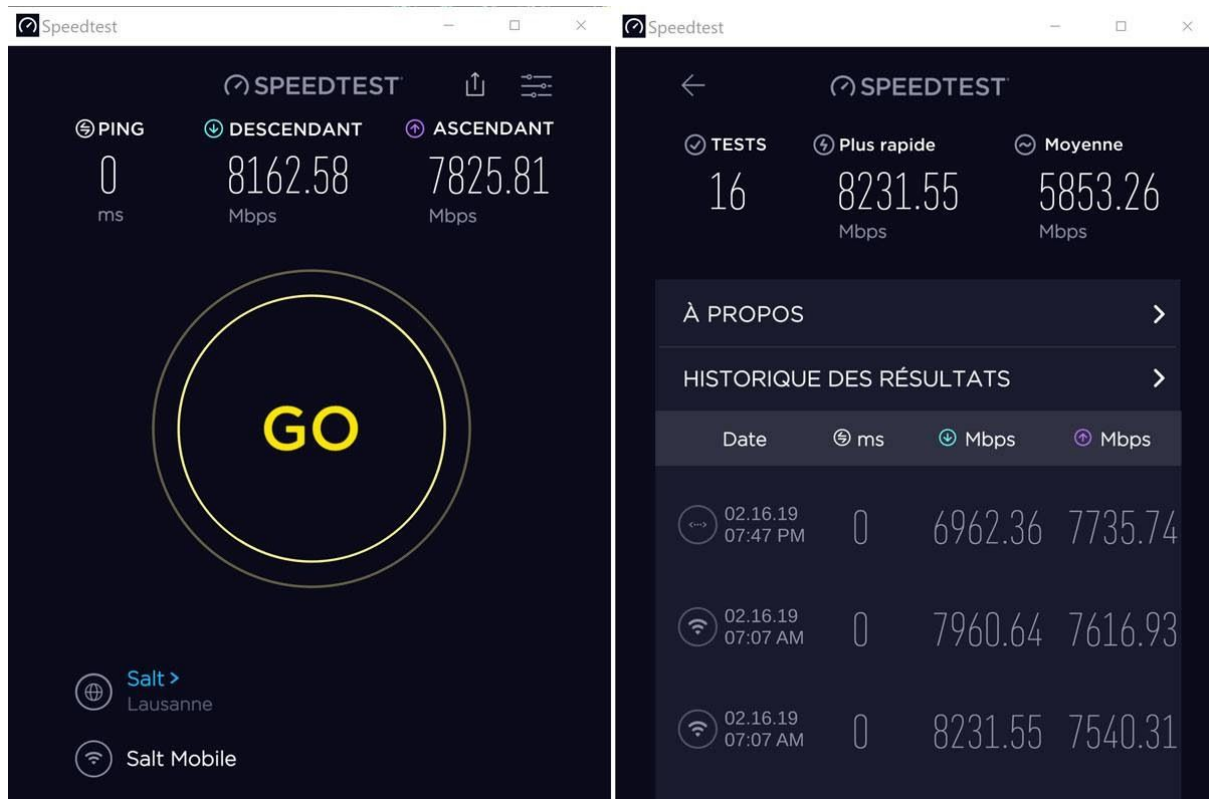


Schéma simplifié des principaux types de raccordement de la fibre optique -- Crédit : SILIS ELECTRONIQUE

Ces différentes techniques de raccordement permettent à toutes les personnes de choisir la fibre optique en fonction du coût que l'entreprise ou du propriétaire veut investir . Ces techniques permettent d'assurer un meilleur débit que l'utilisation simple de l'ADSL tout en restant dans des tarifs abordables.

En second lieu , la rapidité de la fibre optique;

La fibre optique a révolutionné le débit que l'on peut obtenir ; elle a une bande passante plus large; le câble à fibre optique prend en charge une bande passante est une vitesse extrêmement élevée . L'avantage le plus important est la quantité d'informations qui peut être transmise par unité de câble à fibre optique Avec la fibre optique, on parle d'un débit minimum de 100 Mb/s, bien que dans la pratique ce seuil est désormais dépassé par toutes les offres fibres commercialisées en France. Dorénavant on peut espérer obtenir 400 Mo à 1 Gigabit en téléchargement descendant et espérer avoir au lieu de 1 Mb/s en upload , avoir 300 Mb/s à 600 Mb/s selon les fournisseurs."Le record du débit de la fibre optique obtenu récemment par des chercheurs de l'University College London, ils ont établi un nouveau record de vitesse de transfert par fibre optique, à hauteur de 178.000 Gbps."(Par Antoine Gautherie le 21 août 2020)



Speed Test -- Crédit : Salt Fiber / Xavier Studer

En troisième et dernier lieu, les avantages non négligeables qu'offre la fibre optique;

Malgré les prix qui diffèrent, la fibre optique revient à moins cher car plusieurs kilomètres de câbles à fibre optique peuvent être moins coûteux que des fils de cuivre de longueurs équivalentes.

Le diamètre de la fibre optique est aussi un avantage, en effet la fibre optique est plus mince et peut être tirée dans des diamètres différents à ceux du fil de cuivre. Sa taille est inférieure à celle d'un câble en cuivre, ce qui lui permet de mieux s'adapter aux endroits où l'espace est un problème.

Ces fibres ont une capacité de charge supérieure, de ce fait, comme les fibres optiques sont beaucoup plus minces que les fils de cuivre, il est possible de regrouper davantage de fibres dans un câble. Cela permet à davantage de lignes téléphoniques de parcourir le même câble ou à plusieurs canaux de passer par le câble.

“La fibre optique a aussi une perte de signal inférieure à celle du fil de cuivre, les fibres optiques ont généralement une durée de vie supérieure à 100 ans.” (Jason, Fs Community)

Contrairement aux signaux électriques transmis dans les fils de cuivre, les signaux lumineux d'une fibre n'interfèrent pas avec les autres signaux du même câble à fibre optique. Cela signifie une communication et une transmission des données plus claires et de meilleure qualité.

Enfin la fibre optique a une atténuation moins importante que les conducteurs électriques, ce qui permet de transmettre des informations sur de plus longues distances en nécessitant moins de répéteurs .

En second plan , les défauts et inconvénients de la fibre optique:

En premier lieux , le plus gros défaut est le grand nombre de gammes et de types de fibres optiques ;

S' il s'agit d'une fibre monomode ou multimode et des normes et de la classification de chaque fibres.

Par exemple il y a l'OM 1 (*Optical Multimode Première Génération*) : avec 100Base-lx , ce qui correspond à 100 mégabits/s ;il s'agit de l'entrée de gamme de la fibre optique

Chaque gamme a des qualités différentes :

Longueur du lien	Type de fibre	OM1 62.5/125 (Norme 200/500)	OM2 50/125 (Norme 500/500)	OM3 50/125 (Norme 1500/500)	OM4 (Norme 3500/500)	OS1 9/125
Protocole Ethernet	Type de source					
100Base-LX budget optique	LED	5 000 m -	5 000 m -	5 000 m -	5 000 m -	> 20 km -
1000Base-SX budget optique	VCSEL @ 850 nm	275 m 2,6 dB	550 m 2,6 dB	1 000 m 2,6 dB	1 100 m -	- -
1000Base-LX budget optique	LASER @ 1300 nm	550 m 2,35 dB	550 m 2,35 dB	550 m 2,35 dB	600 m -	5 km 4,56 dB
10GBase-SR/SW* budget optique	VCSEL @ 850 nm	33 m 1,6 dB	82 m 1,8 dB	300 m 2,6 dB	550 m -	- -
10GBase-LX4* budget optique	LASER WDM @ 1300 nm	300 m 2 dB	300 m 2 dB	300 m 2 dB	300 m -	- -
10GBase-LRM budget optique	LASER @ 1300 nm	220 m -	220 m -	220 m -	220 m -	- -
10GBase-LR budget optique	LASER @ 1300 nm	- -	- -	- -	- -	10 km 6,2 dB
10GBase-ER* budget optique	LASER @ 1550 nm	- -	- -	- -	- -	40 km -

Image des différentes gamme de la fibre optique -- Crédit : Olivier Becker

Le principal défaut de ces différentes versions est que l'on ne peut pas raccorder une fibre OM1 avec une fibre OM2 car elles n'ont pas le même diamètre, une fibre OM2 peut être raccordée à une fibre OM3 mais le débit sera bloqué à la gamme la plus faible, soit 500 pour l'exemple de l'OM2 et de l'OM3.

La distance varie donc par le type de source lumineuse et par le type de fibre.

La fibre optique a aussi beaucoup de connecteurs différents ce qui rend confus l'installation ; il existe :

Tout d'abord, le connecteur SC est le type de connecteur le plus utilisé, par sa simplicité d'usage et sa plus grande durabilité.

Puis, le connecteur LC est plus petit et est utilisé dans des lieux difficiles d'accès ou de forte densité.

Ensuite, le connecteur FC qui est appliqué dans le domaine industriel et militaire à forte vibrations.

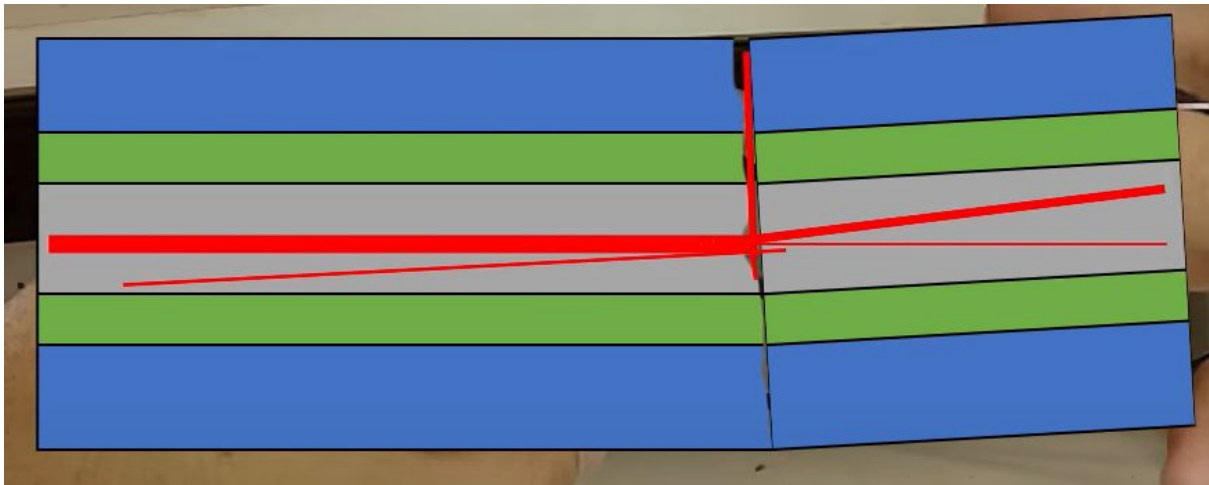
Et enfin, le connecteur ST qui est utilisé pour des lieux avec des conditions environnementales difficiles.

Il existe 2 types de montage de connecteur : l'épissurage par fusion qui est efficace mais difficile et le montage à froid qui est beaucoup moins sûr, il y a moins de chances de réussite et qui reste aussi difficile à faire même si plus facile que par l'autre méthode.

Hormis toutes les différences qu'offrent la fibre optique, en second lieu, le défaut le plus remarquable est celui pour l'installation ;

En effet, l'installation de la fibre optique en France est longue et coûteuse, il faut recréer tous les chemins pour avoir la fibre même si l'opérateur utilise au maximum les chemins préexistants, par exemple passer dans un des câbles dans le garage pour atteindre le salon, cependant ce n'est pas possible partout et même certaines habitations ne peuvent pas bénéficier de la fibre optique. Les pigtails sont des brins optiques munis d'un seul connecteur à l'une de ses extrémités et la jarretière optique est un câble de brassage avec des connecteurs de chaque côté.

En plus de cet inconvénient lors de l'installation il faut pratiquer des soudures, si ces soudures sont mal faites il y aura une forte perte de débit.



Shéma d'un mauvaise soudure -- Crédit : SILIS ELECTRONIQUE

Par la suite le prix de la fibre optique; celui-ci diffère en fonction de la technique utilisé , le P2P où le PON puis par le FTTH ou par les différents raccordements et enfin par les différents opérateurs :

	Bouygues Telecom		Comcast				Coriolis		Free				K-net
	bouygues		comcast				Coriolis Telecom		free				K-net
Nom de l'offre	Bbox Must	Bbox Ultym	Absolu (internet seul)	Basic (internet + tel seul)	Essentiel 4K (internet + TV seul)	Premier 4K (internet, tel, TV)	La Fibre	La Fibre Maxi	Freebox Mini 4K	Freebox Revolution avec TV	Delta S (internet, tel)	Delta (internet, TV, tel)	Flash
Dispo Mooslargue	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Prix d'appel	17,99€/mois - 12 mois		24,90€/mois - 4 mois	27,90€/mois - 4 mois	24,90€/mois - 4 mois	27,90€/mois - 4 mois	29,99€/mois - 6 mois	32,99€/mois - 6 mois					28,99€/mois - 6 mois
Prix / mois	32,99 €	39,99 €	29,90 €	32,90 €	39,90 €	42,90 €	33,99 €	36,99 €	34,99 €	38,97 €	39,99 €	49,99 €	35,99 €
Engagement	1 an	1 an	1 an	1 an	1 an	1 an	1 an	1 an	Non	Non	Non	Non	Non
Frais installation	29 €	29 €	70 €	70 €	10 €	10 €	- €	- €	49 €	49 €	49 €	49 €	- €
Frais résiliation	59 €	59 €	50 €	50 €	50 €	50 €	49 €	49 €	49 €	49 €	49 €	49 €	- €
Caution (€)	- €	- €	100 €	100 €	100 €	100 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	50 €
Débit Mb/s desc./montant	500 / 200	1000 / 250	?	?	?	?	1000/200	1000/200	1000/600	1000/600	8000/600	8000/600	100/100

Prix à Mooslargue -- Crédit : Mooslargue.net

En dernier lieux , les derniers inconvénients qui ne permettent pas de profiter de la fibre optique comme voulu :

La faible puissance de sources lumineuses; elles sont limitées bien qu'il existe des émetteurs de grande puissance qui améliorent l'approvisionnement, cela ajouterait un coût supplémentaire

Ensuite la fragilité : la fibre optique est assez fragile et plus sensible aux dommages que les fils de cuivre. Il est préférable de ne pas tordre ou plier les câbles à fibres optiques. Enfin la distance entre l'émetteur et le récepteur doit rester courte sinon des répéteurs sont nécessaires pour amplifier le signal ce qui engendre encore un coût supplémentaire

En dernier plan , la comparaison entre la fibre et ses prédécesseurs ;

En premier temps ,son débit : la fibre optique remplace l'ADSL en France petit à petit , en effet elle fournit une connexion internet rapide, constante et stable qui permet de transmettre beaucoup de données sur des distances incroyables. Comme les demandes de données deviennent énormes, le câblage en fibre optique est la solution la plus sûre pour assurer la flexibilité et la stabilité du réseau.

		Très Haut Débit		Haut Débit
		FIBRE		DSL
		Fibre jusqu'au domicile	Fibre (sauf raccordement du domicile)*	VDSL
Débit	DESCENDANT	Jusqu'à 1 Gb/s	Jusqu'à 1 Gb/s	Jusqu'à 70 Mb/s
	MONTANT	Jusqu'à 200 Mb/s	Jusqu'à 100 Mb/s	Jusqu'à 20 Mb/s
Débit	DESCENDANT	Jusqu'à 1 Gb/s	Jusqu'à 1 Gb/s	Jusqu'à 70 Mb/s
	MONTANT	Jusqu'à 200 Mb/s	Jusqu'à 100 Mb/s	Jusqu'à 8 Mb/s

Image de comparaison de la Fibre au différents DSL -- Crédit : frandroid.com

Elle procure aussi un débit nettement supérieur à tous les autres systèmes déjà existant comme l'ADSL, l'XDSL ,le VDSL et la VDSL2 ...

	Avec l'ADSL	Avec le VDSL2	Avec la Fibre
Tv en HD ⁽¹⁾	1 chaîne HD	jusqu'à 2 chaînes HD en simultané	jusqu'à 6 chaînes HD en simultané
Télécharger 20 photos (480Mo) ⁽²⁾	Moins de 7 minutes	Moins de 1 minute 30	Moins de 30 secondes
Télécharger une vidéo (4,80Go) ⁽²⁾	45 minutes	Moins de 15 minutes	Moins de 4 minutes
Envoyer des fichiers sur le Cloud ⁽³⁾ & réseaux sociaux (20 photos, 480Mo)	6h20	1h20	1 minute 20

Image de comparaison de l'ADSL , VDSL2 et Fibre -- Crédit : blog.scani.fr

En second temps , la démocratisation de la fibre optique; son usage s'est accentué ces dernières années ,en effet l'usage d'Internet au quotidien est sensiblement différent selon que la connexion via la fibre optique ou via l'ADSL. Avec la fibre optique, la navigation sur le web est beaucoup plus fluide, les pages se téléchargent presque instantanément. Et pour le téléchargement, la différence entre les deux est aussi radicalement différente .

Différence de temps de téléchargement entre la fibre optique et l'ADSL		
	Fibre Optique (500 Mb/s)	ADSL (8 Mb/s)
Pour un film HD de 5 Go	1 min et 20 secondes	1 heure et 23 minutes
Pour un album de musique de 250 Mo	4 secondes	4 minutes et 16 secondes
Pour un fichier de 50 Mo	0,8 seconde	50 secondes

*Comparaison des temps de téléchargement entre l'ADSL et la Fibre Optique --
Crédit : blog.ariase.com*

Enfin en dernier temps , malgré le fait que la fibre soit récente , elle se fait rapidement rattraper par de nouvelle technologie On peut s'attendre à l'avenir,à des performances nettement supérieures à la 4G. En effet la 5G apporte des améliorations majeures sur de nombreux points, notamment le débit. "SFR a montré lors de tests que dans des conditions optimales, la vitesse de connexion pouvait atteindre jusqu'à 25 Gbit/s."(Vincent Pierre).

Plus récemment, l'opérateur mobile finlandais Elisa a fait des tests en conditions réelles. Il a pu obtenir une vitesse moyenne de 700Mb/s contre 50Mb/s actuellement pour la 4G. La fibre reste cependant largement supérieure.



Image de comparaison de la Fibre , Cable , 5G , DSL et 4G -- Crédit : eff.org

Bibliographie :

Antoine Gautherie -- 21 aout 2020

<https://www.journaldugeek.com/2020/08/21/commen-chercheurs-record-vitesse-fibre-optique/>

Xavier Studer -- 25 février 2019

<https://www.xavierstuder.com/2019/02/a-fond-la-fibre-optique-le-test-des-stratospheriques-10-gigabits-de-salt-fiber/>

Open Net srl -- 2005

<http://notionsinformatique.free.fr/reseaux/cablagefibre%20optique.pdf>

Maxime Blondet -- 27 novembre 2020

<https://blog.ariase.com/box/dossiers/installation-fibre-optique-maison>

SILIS ELECTRONIQUE -- 26 août 2016

<https://www.youtube.com/watch?v=BlhSb6YMQug>

Jerome / Salut les noobs -- 11 octobre 2020

<https://www.youtube.com/watch?v=oZB3usKUPxY>

La fibre optique -- 8 février 2004

<https://www.youtube.com/watch?v=0kjlITYl9Ik&t=223s>

Olivier Becker -- 7 avril 2020

<https://www.youtube.com/watch?v=tYwmE8tmb9I>

<https://www.youtube.com/watch?v=MwL1zsyrl9E>

Jason FS Communauté -- 14 août 2018

<https://community.fs.com/fr/blog/the-advantages-and-disadvantages-of-fiber-optic-transmission.html#:~:text=Puissance%20faible%E2%80%94Les%20sources%20lumineuses%20sont%20limit%C3%A9es%20%C3%A0%20une%20puissance%20faible.&text=Il%20est%20pr%C3%A9f%C3%A9rable%20ne%20pas,n%C3%A9cessaires%20pour%20amplifier%20le%20signal>

CRIIREM -- 10 février 2016

<https://www.criirem.org/autres-emetteurs/la-fibre-optique#:~:text=Les%20fibres%20optiques%20n%27utilisent,utilise%20des%20c%C3%A2bles%20en%20cuivre>

Lycée AC-Rouen

http://lycees.ac-rouen.fr/maupassant/Melec/co/Communication/FTTH/co/module_FTTH_1.html

http://lycees.ac-rouen.fr/maupassant/Melec/co/Communication/FTTH/res/Generalites_fibre_optique.pdf

EngineerGuy -- 20 juin 2011

https://www.youtube.com/watch?v=0MwMkBET_5I

SEG Musta -- 2 juin 2018

<https://www.youtube.com/watch?v=amP4jILnzA8>

Fibre.Guide -- 2018

<https://fibre.guide/deploiement/technologies>

Wikipédia -- dernière modification 3 janvier 2021

https://fr.wikipedia.org/wiki/Fibre_optique

La Fibre.info

<https://lafibre.info/orange-installation/pbo-ouvert/> -- 7 juin 2018

<https://lafibre.info/free-la-fibre/nro-free/> -- 18 février 2015

<https://lafibre.info/photos-du-reseau-numericable/degradation-et-foutoir-dans-le-pm/120/> -- 14 février 2018

<https://lafibre.info/gpon/isam-7302/> -- 23 juillet 2012

<https://lafibre.info/sfr-la-fibre/nouvel-ont-sfr-concu-par-altice-labs/> -- 16 novembre 2016

<https://lafibre.info/installation-fibre/deux-pto-relies-dans-le-meme-logement/> -- 11 janvier 2020

Blog indépendant de Mooslargue -- 2012

<https://www.mooslargue.net/2019/07/fibre-optique-quelle-offre-choisir.html>

Vincent Pierre toiledefond.net -- 8 janvier 2019

<https://toiledefond.net/5g-une-technologie-revolutionnaire/>

Lucas Musset universfreebox.com -- 5 mars 2019

<https://www.universfreebox.com/article/48823/Fibre-optique-dans-le-monde-La-France-toujours-en-retard-mais-la-cadence-s-accelere>

BlackBox

<https://www.blackbox.fr/fr-fr/page/28531/Information/Technique/black-box-explique/Cables-fibre-optique/fibre-multimode-ou-monomode->

Le routeur wifi -- 15 octobre 2019

<https://le-routeur-wifi.com/reseau-lan/>

Clément Grandjean frandroid.com -- 24 août 2019

https://www.frandroid.com/telecom/forfait-internet/613487_de-10-mb-s-a-1-gb-s-de-quel-debit-ai-je-be-soin-pour-ma-connexion-internet

Objectif Fibre -- 18 octobre 2019

<https://blog.scani.fr/index.php/2019/10/18/objectif-fibre/>

Bennett Cyphers et Ernesto Falcon -- 16 octobre 2019

<https://www.eff.org/deeplinks/2019/10/why-fiber-vastly-superior-cable-and-5g>

Dissertation écrite le 07/01/2021 par LEJOSNE Florian