

Fibre optique

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

Principe

La fibre optique est un guide d'ondes qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière. Elle est habituellement constituée d'un cœur entouré d'une gaine.

Le cœur de la fibre a un indice de réfraction légèrement plus élevé (différence de quelques millièmes) que la gaine et peut donc confiner la lumière qui se trouve entièrement réfléchi de multiples fois à l'interface entre les deux matériaux (en raison du phénomène de réflexion totale interne). L'ensemble est généralement recouvert d'une gaine plastique de protection.

Lorsqu'un rayon lumineux entre dans une fibre optique à l'une de ses extrémités avec un angle adéquat, il subit de multiples réflexions totales internes. Ce rayon se propage alors jusqu'à l'autre extrémité de la fibre optique sans perte, en empruntant un parcours en zigzag. La propagation de la lumière dans la fibre peut se faire avec très peu de pertes même lorsque la fibre est courbée.

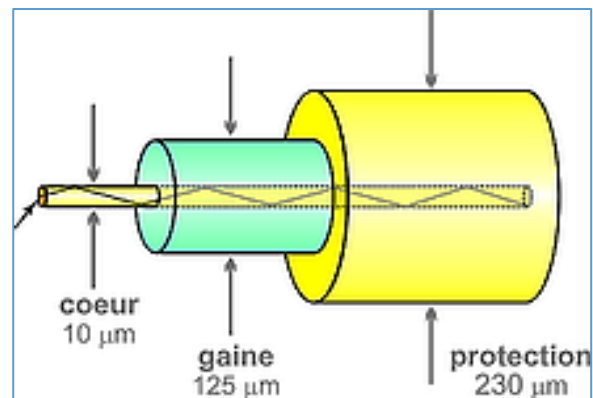
Une fibre optique est souvent décrite selon deux paramètres :

- la différence d'indice normalisé, qui donne une mesure du saut d'indice entre le cœur et la gaine :

$$\Delta = (n_c - n_g) / n_c$$

où n_c est l'indice de réfraction du cœur, et n_g celui de la gaine ;

- l'ouverture numérique de la fibre ((en) *numerical aperture*), qui est concrètement le sinus de l'angle d'entrée maximal de la lumière dans la fibre pour que la lumière puisse être guidée sans perte, mesuré par rapport à l'axe de la fibre. L'ouverture numérique est égale à : $\sin \theta_{\max} = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$.

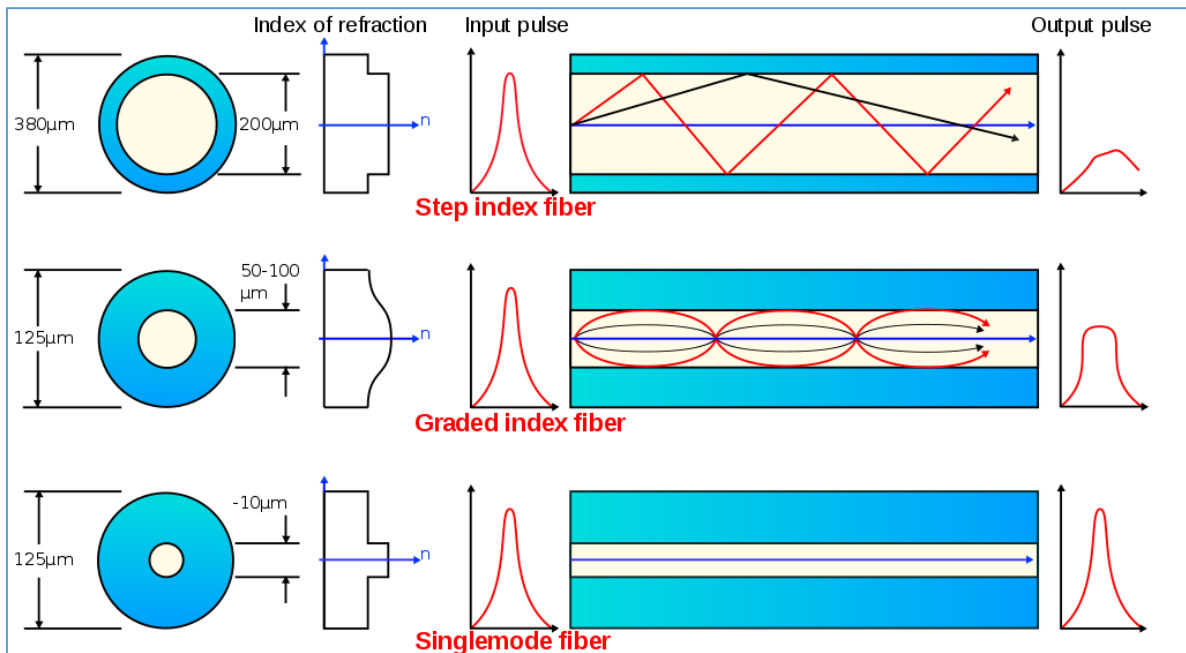


Fibres multimodes

Les fibres multimodes (dites MMF, pour Multi Mode Fiber), ont été les premières sur le marché. Elles ont pour caractéristique de transporter plusieurs modes (trajets lumineux). Du fait de la dispersion intermodale, on constate un étalement temporel du signal proportionnel à la longueur de la fibre. En conséquence, elles sont utilisées uniquement pour des bas débits ou de courtes distances. La dispersion modale peut cependant être minimisée (à une longueur d'onde donnée) en réalisant un gradient d'indice dans le cœur de la fibre. Elles sont caractérisées par un diamètre de cœur de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de micromètres (les cœurs en multimodes sont de 50 ou 62,5 µm pour le bas débit). Cependant les fibres les plus récentes, de type OM3, permettent d'atteindre le Gbit/s sur des distances de l'ordre du km. Les longues distances ne peuvent être couvertes que par des fibres optiques monomodes.

Fibres monomodes

Pour de plus longues distances et/ou de plus hauts débits, on préfère utiliser des fibres monomodes (dites SMF, pour *Single Mode Fiber*), qui sont technologiquement plus avancées car plus fines. Leur cœur très fin n'admet ainsi qu'un mode de propagation, le plus direct possible c'est-à-dire dans l'axe de la fibre. Les pertes sont donc minimales (moins de réflexion sur l'interface cœur/gaine) que cela soit pour de très hauts débits et de très longues distances. Les fibres monomodes sont de ce fait adaptées pour les lignes intercontinentales (câbles sous-marin). Une fibre monomode n'a pas de dispersion intermodale. En revanche, il existe un autre type de dispersion : la dispersion intra-modale. Son origine est la largeur finie du train d'onde d'émission qui implique que l'onde n'est pas strictement monochromatique : toutes les longueurs d'onde ne se propagent pas à la même vitesse dans le guide ce qui induit un élargissement de l'impulsion dans la fibre optique. On l'appelle aussi dispersion chromatique []. Ces fibres monomodes sont caractérisées par un diamètre de cœur de seulement quelques micromètres (le cœur monomode est de 9 µm pour le haut débit).

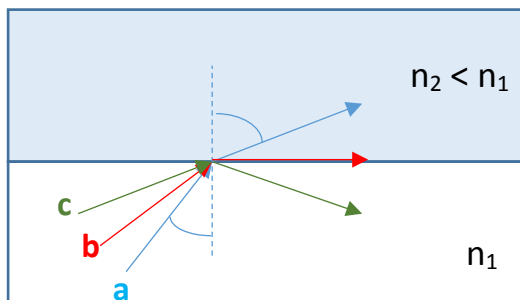


[...]

Vitesse de transmission

La notion de vitesse du signal dans une fibre est distincte de celle de débit (vitesse de transmission des données), confusion largement répandue dans la presse. La vitesse du signal dans la fibre est globalement la même pour la fibre optique et le câble en cuivre ; elle se situe à environ 70 à 75 % de la vitesse de la lumière dans le vide. Certaines fibres expérimentales creuses, atteignent des vitesses proches de 99 % de la vitesse de la lumière. Sur les transmissions à grande distance, la vitesse de transmission est ralentie par la présence de nombreux répéteurs nécessaires pour remettre en forme le signal, même si les nouvelles technologies entièrement optiques limitent ce ralentissement. [...]

Réfraction et réflexion totale :



Loi de Descartes :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Si $n_2 < n_1$ alors $i_1 < i_2$

Situation **a** : réfraction

Situation **b** : angle limite de réfraction

Situation **c** : réflexion totale