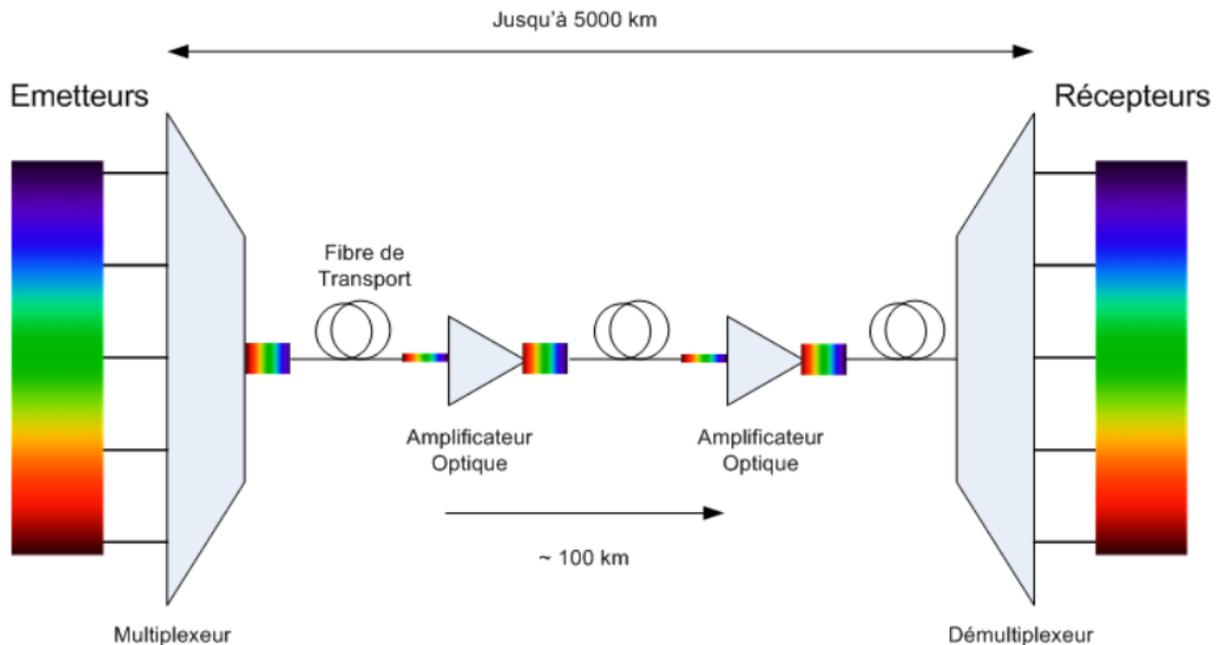


Chapitre 4 : Chaîne de transmission par fibre optique

Transmission sur fibre optique

Représentation schématisée d'une liaison WDM de type sous-marine :



1. Différentes longueurs d'onde sont multiplexées sur une fibre de type monomode.
2. Le signal est amplifié tous les 100 Km, remis en forme après plusieurs centaines de Km.
3. Le démultiplexeur sépare les différentes longueurs d'onde.

On est en présence de plusieurs LASER émettant des radiations de longueurs d'onde différentes. (le cours du LASER vous a été transmis auparavant).

Par analogie, nous disposons en sortie de plusieurs photodiodes capables de détecter les radiations lumineuses concernées.

Il est à noter que ce type de configuration est celle utilisée actuellement dans les réseaux de type backbone. Les liaisons optiques sont réalisées sur des distances de l'ordre de 5000 Km en général. Les amplificateurs optiques, permettant de régénérer le signal, sont eux disposés tous les 100 Km.

Fonctionnement et caractéristique d'une fibre

Définition : 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 hauts seront détectés grâce à la présence d'un fort signal lumineux au sein de la fibre optique.

L'optique est désormais la technique privilégiée en termes de transmission, aussi bien terrestre que sous-marine. Des centaines de milliers de kilomètres de fibres optiques sont installés, qui transportent des débits de plus en plus importants.

Voici quelques raisons qui font le succès de la fibre optique :

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

La fibre optique est constituée de différentes parties représentées ci-dessous :

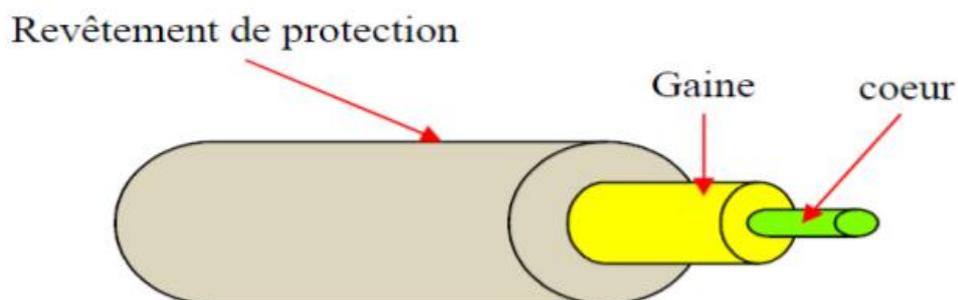


Figure1 : Constitution générale d'une fibre optique

- ✚ Cœur: Confiner l'énergie lumineuse et propager le signal.
- ✚ Gaine: Aider à la propagation du signal.
- ✚ Revêtement de protection: protéger mécaniquement la fibre.

Le cœur et la gaine optique sont responsables de la propagation du signal lumineux au sein de la fibre. En effet, nous verrons dans les parties suivantes de ce site, que c'est grâce à la différence d'indice de réfraction des deux milieux (cœur + gaine) que la propagation est possible. Chaque élément joue donc un rôle bien précis.

Principe de la réfraction

La réfraction est le phénomène de changement brusque de direction d'un rayon lumineux lorsqu'il traverse la surface de séparation de deux milieux transparents. En réalité, lorsqu'un rayon lumineux traverse la surface de séparation de deux milieux (de l'air vers le verre par exemple), une partie du signal lumineux va se retrouver réfracté, tandis qu'une autre sera réfléchi. Voir l'explication du phénomène de réfraction

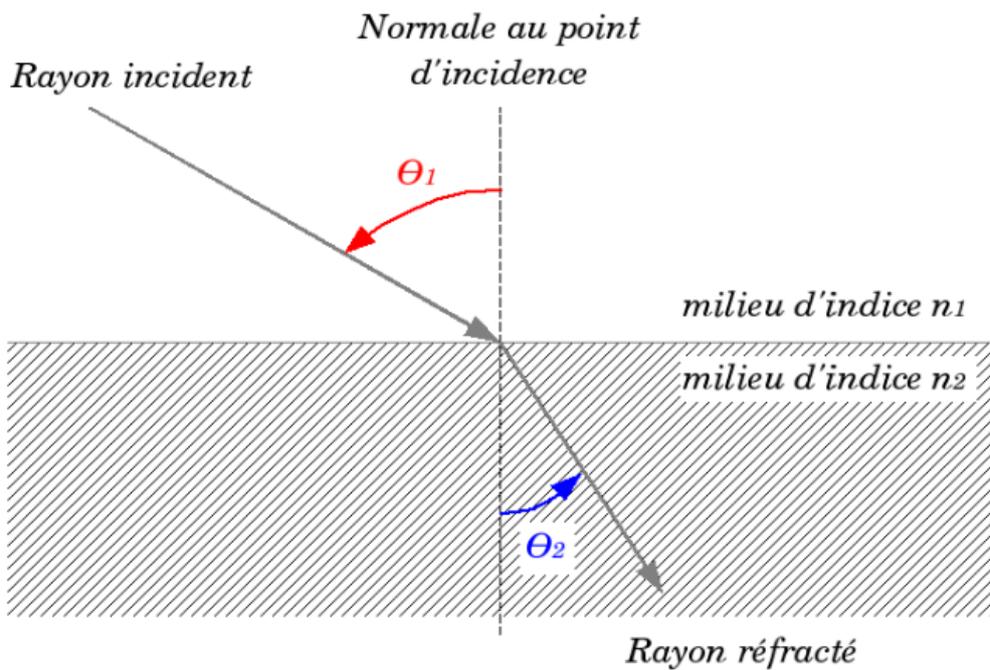
Indice de la réfraction

Avec le phénomène de réfraction, nous pouvons introduire la notion d'indice de réfraction. L'indice de réfraction d'un milieu mesure la densité optique de celui-ci. Cela constitue donc une idée de la difficulté de la lumière à se propager dans ce milieu. L'expression de l'indice de réfraction s'exprime comme le rapport des vitesses de propagation de la lumière dans l'air et dans le milieu concerné :

$$n_1 = \frac{c}{c_1}$$

avec : c : vitesse de la lumière, c_1 : vitesse de la lumière dans le milieu 1

Voici un schéma illustrant le principe de la réfraction :



Ce principe a été démontré par [Descartes](#), qui a établi la relation suivante :

$$n_1 * \sin(\theta_1) = n_2 * \sin(\theta_2)$$

Figure2 : le principe de la réfraction

L'ouverture numérique d'une fibre

Principe : Les relations de réfraction induisent des angles limites qui permettent le guidage du signal lumineux au sein d'une fibre optique. On introduit donc la notion de cône d'acceptance ou encore ouverture numérique d'une fibre. Cette formule va donc permettre de définir l'angle d'incidence limite permettant le guidage du signal lumineux.

Voici un schéma expliquant la présence du cône d'acceptance :

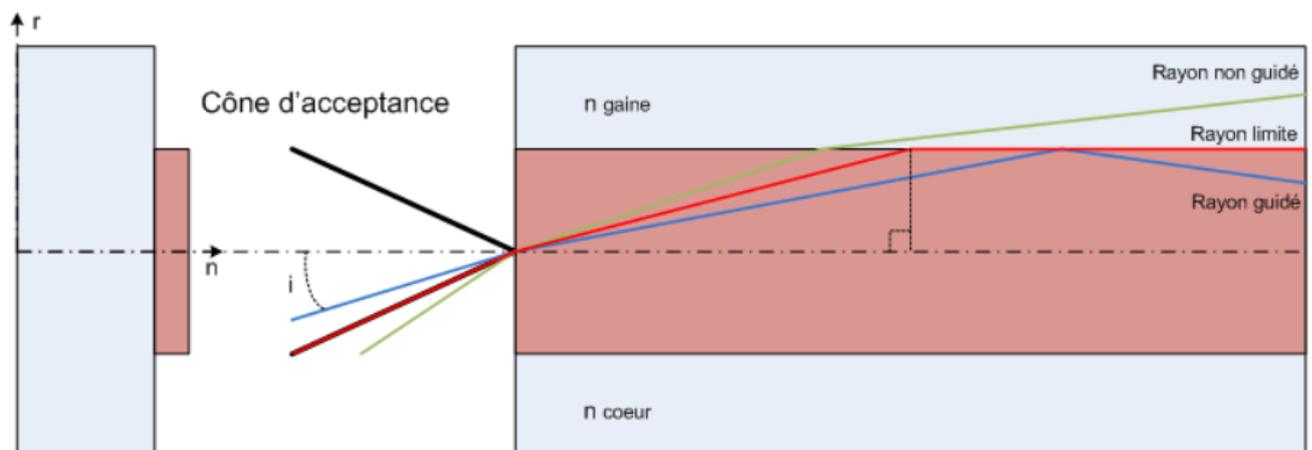


Figure3 : cône d'acceptance

On peut noter ici la présence de 2 angles d'incidence limite, de part et d'autre de l'axe de la fibre optique.

Ces 2 angles limites représentent un cône.

Les rayons lumineux arrivant à l'entrée de la fibre, vont subir différents scénarios en fonction de leur angle d'incidence.

- Tout d'abord, nous avons le rayon de couleur **verte**, qui arrive avec un angle supérieur à l'angle d'incidence limite (donc en dehors du cône).

Ce rayon ne sera pas guidé de bout en bout à l'intérieur de la fibre, mais sera dispersé dans les premiers millimètres de la gaine de la fibre.

- Ensuite, nous avons le rayon **rouge**, qui arrive dans la fibre avec un angle d'incidence limite. Il sera lui guidé jusqu'au bout de la fibre, mais avec une direction parallèle à l'axe de la fibre.

- Enfin, le rayon **bleu**, qui entre dans la fibre avec un angle d'incidence inférieur à l'angle limite. Il sera guidé de façon normale, c'est à dire en suivant le principe de réflexion totale interne au sein du cœur de la fibre.

L'ouverture numérique est régie par la formule suivante :

$$ON = \sqrt{n. \text{cœur}^2 - n. \text{gaine}^2}$$

Caractéristique de la lumière :

La lumière est une onde électromagnétique qui possède un caractère ondulatoire.

C'est à dire qu'elle possède une certaine fréquence qui lui est propre. Et qui dit fréquence dit vitesse. La longueur d'onde s'exprime comme étant la vitesse de l'onde divisé par sa fréquence. C'est aussi exact de dire que la longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période définie.

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Avec :

λ : longueur d'onde

c : vitesse de l'onde en m/s

T : période en s

ν : fréquence en Hz

Lumière dite polychromatique :

Il faut également savoir que la lumière que nous connaissons tous (celle d'une ampoule, ou celle qui nous parvient du soleil) est une lumière dite polychromatique. Cela signifie qu'elle est composée de plusieurs radiations lumineuses de "couleurs" différentes. Chaque couleur visible par l'œil humain possède une fréquence précise.

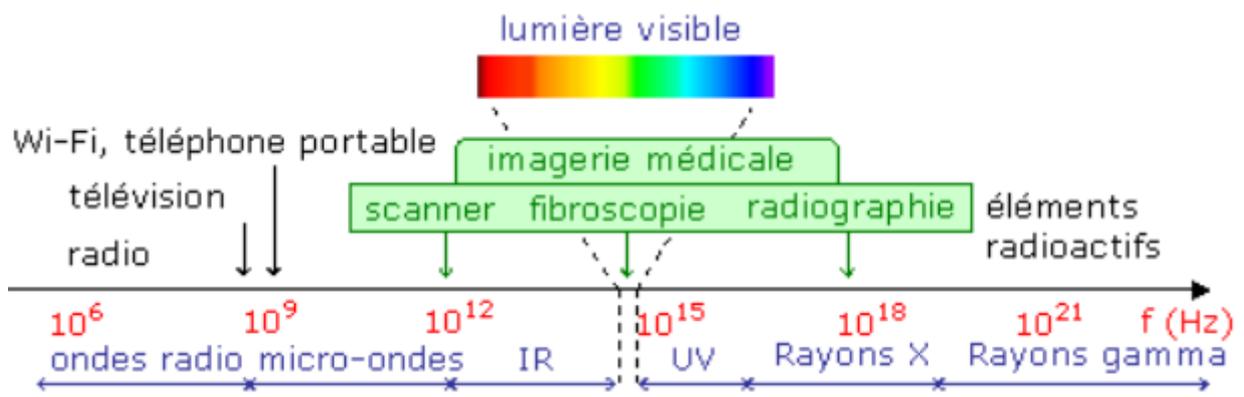
Voici un tableau indicatif des longueurs d'onde et fréquences correspondantes :

Définition d'une source polychromatique :

Une source de lumière est polychromatique si le spectre de la lumière qu'elle émet présente plusieurs raies. Une source de lumière polychromatique est caractérisée par plusieurs fréquences, donc plusieurs longueurs d'onde dans le vide.

Autres exemples de sources lumineuses:

- ✚ Les étoiles
- ✚ Les lampes à incandescence
- ✚ Les lampes à vapeur
- ✚ Les lasers
- ✚ Les tubes fluorescents
- ✚ Les diodes électroluminescentes



Couleur	Longueur d'onde (nm)	Fréquence (THz)
Infrarouge	> 780	< 405
Rouge	~ 625-740	~ 480-405
Orange	~ 590-625	~ 510-480
Jaune	~ 565-590	~ 530-510
Vert	~ 520-565	~ 580-530
Bleu	~ 446-520	~ 690-580
Violet	~ 380-446	~ 790-690
Ultraviolet	< 380	> 790



Figure4 : tableau indicatif des longueurs d'onde et fréquences correspondantes.