

Les fibres optiques

Inspiré du bac de métropole de septembre 2015

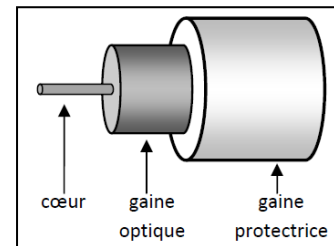
Depuis quelques années, les techniques utilisées pour transmettre les informations ont connu des avancées majeures. L'une d'elles est la fibre optique dont la principale application se trouve dans les télécommunications.

Une fibre comprend un cœur, une gaine optique et une gaine protectrice opaque. La lumière se propage dans le cœur en silice ou en matière plastique en se réfléchissant sur l'interface cœur - gaine optique.

Sur le marché, on trouve plusieurs familles de fibres optiques fabriquées à partir de verre ou de Plexiglas[®] (polyméthacrylate de méthyle ou P.M.M.A.).

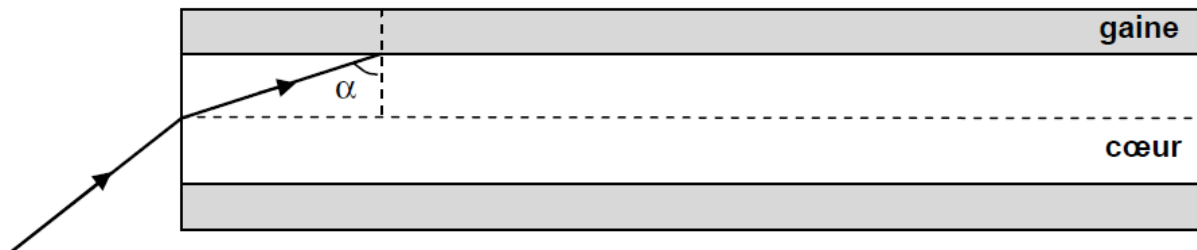
Échanger des données à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un bout à l'autre de la planète nécessite des réseaux de communication adaptés.

Le choix du type de fibre optique utilisé dépend de l'atténuation linéique qu'elle introduit. Une fibre est jugée performante lorsque, sur une longueur donnée, la puissance du signal qu'elle transmet subit une atténuation faible. Dans la suite, nous nous intéressons à l'installation d'une fibre optique en P.M.M.A. dans une habitation.



I. Principe de propagation de la lumière dans la fibre optique

On représente ci-dessous le schéma en coupe d'une fibre optique à saut d'indice multimodale.



Pour une fibre en Plexiglas[®], on donne l'indice de réfraction du cœur $n_c = 1,495$ et celui de la gaine $n_g = 1,485$.

1. À l'aide des lois de Descartes, calculer l'angle limite α_{lim} au-delà duquel le rayon ne passe plus dans la gaine.
2. Indiquer le nom de ce phénomène.
3. Si $\alpha > \alpha_{lim}$, représenter le trajet de la lumière tout au long de la fibre, sur le schéma ci-dessus.

II. Choix d'une fibre optique adaptée à une habitation

Un installateur d'accès internet réalise l'installation d'une fibre dans une habitation. Il utilise de la fibre optique en P.M.M.A. La **longueur** de la fibre qu'il souhaite installer dans la maison est $L = 50 \text{ m}$. Il pense ainsi pouvoir desservir toutes les pièces.

4. En utilisant le **document 1**, préciser quelle est la longueur d'onde du signal utilisé pour que la transmission soit la meilleure possible.
5. Déterminer l'atténuation linéique A_L correspondante. Calculer l'atténuation A pour la fibre optique installée dans la maison.
6. Calculer, à l'aide du **document 1**, le rapport $P_{entrée} / P_{sortie}$ entre la puissance du signal d'entrée et la puissance du signal de sortie.

Le rapport $P_{entrée} / P_{sortie}$ est compris entre 2,8 et 3,2. On considère que le signal de sortie reste performant sans répéteur si la puissance de sortie est supérieure à 1 % de la puissance d'entrée.

7. Préciser si le signal est satisfaisant dans toutes les pièces de la maison.

8. À l'aide du **document 2**, expliquer en quelques lignes pourquoi la fibre optique peut être choisie en Plexiglas[®] (P.M.M.A.) pour les réseaux informatiques domestiques mais que la fibre en silice est privilégiée pour tous les autres réseaux.

III. Débit maximal de cette fibre optique

L'élargissement temporel de la fibre s'exprime par : $\Delta t = \frac{L \times n_c \times (n_c - n_g)}{c \times n_g}$ avec c la célérité dans le vide.

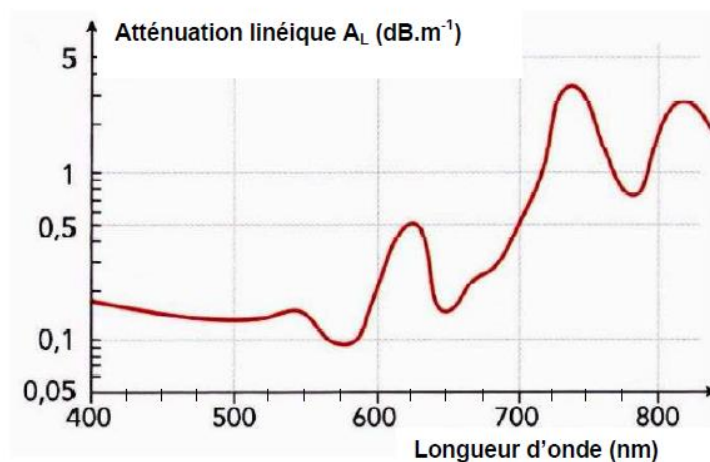
La durée minimale entre deux impulsions du signal (donc entre chaque bit) doit être supérieure à l'élargissement temporel.

9. Calculer l'élargissement temporel dans la fibre.

10. Quel est donc le débit maximal de cette fibre ?

11. À ce débit maximal, quelle serait la durée nécessaire pour transférer un film de 1,4 Go (1 octet = 8 bits) ?

Document 1 : Atténuation linéique A_L des fibres en matériau plastique (Plexiglas®)



Atténuation d'un signal :

- **Atténuation** en décibel (dB) pour une fibre optique de longueur L (en m) : $A = A_L \times L$ avec A_L , l'atténuation linéique en dB/m.
- **Atténuation** en décibel d'un signal de puissance d'entrée $P_{\text{entrée}}$ et de puissance de sortie P_{sortie} à travers une chaîne de transmission : $A = 10 \times \log\left(\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}\right)$

Document 2 : Caractéristiques de deux types de fibres optiques

Type de fibre optique	Silice	Plastique (Plexiglas®).
Coefficient d'atténuation linéique moyenne A_L	10 dB/km	0,12 dB/m
Prix	Elevé	Très faible
Rayon de courbure mini	30 cm	5 cm
Protection de l'intégrité et sécurité des données	bonne	très bonne