

## Chapitre 10 - Fibres Optiques : lignes de transmissions d'un signal lumineux

## Activités et applications

❖ **Première lecture d'une fiche technique de fibre optique :**

Répondre aux questions suivantes à l'aide de la fiche technique en annexe 01 de cette activité :

1. Quel type de fibre optique est présentée dans cette fiche technique ?
2. Quelles sont les longueurs d'ondes des sources de rayonnement utilisables pour cette fibre optique ?
3. Pour  $\lambda = 850 \text{ nm}$ , relever les valeurs de la « bande passante » de cette fibre :
4. Le terme de « bande passante » est-il approprié ici ? Si non, proposer un terme plus rigoureux.
5. Lorsque la longueur de la fibre augmente, la bande passante de la fibre augmente-elle ou diminue-t-elle ?
6. Pour  $\lambda = 850 \text{ nm}$ , relever la valeur maximale de l'atténuation linéique :
7. Si la fibre mesure  $2 \text{ km}$ , de combien de fois est divisée la puissance du rayonnement électromagnétique entre l'entrée et la sortie ?
8. Pour  $\lambda = 850 \text{ nm}$ , relever les valeurs de l'indice de réfraction du cœur de la fibre, l'ouverture numérique et le diamètre du cœur de cette fibre :

❖ **Lien entre débit binaire et fréquence des flashes :**

9. Pour la fibre OM3 de l'annexe 02, déterminer la fréquence maximale (en *Hz*) des impulsions lumineuses qu'un LASER peut envoyer (sans présence de techniques de codage) :

❖ **Milieu transparent, homogène et isotrope :**

A l'aide de la simulation présentée par l'enseignant, répondre à la question suivante :

10. Quelle fibre possède un « cœur » qui n'est pas un milieu homogène ?

❖ **Longueur d'onde et rayonnements électromagnétiques :**

Le domaine du visible dans le vide s'étend pour la longueur d'onde, de  $\lambda_{min} = 400 \text{ nm}$  à  $\lambda_{max} = 800 \text{ nm}$ .

11. Déterminer les fréquences limites  $f_{min}$  et  $f_{max}$  du domaine du visible dans le vide :

12. Quelle est la nature du filtrage réalisé par l'œil ? Quelle est la bande passante de l'œil ?

❖ **Approximation de l'optique géométrique :**

On étudie un rayonnement électromagnétique monochromatique dont la longueur d'onde est  $\lambda = 500 \text{ nm}$  dans le cœur de la fibre.

13. A l'aide de l'annexe 02, vérifier que l'approximation de l'optique géométrique est validée pour une fibre optique OM2 et une fibre optique OS :

❖ **Latence d'une fibre optique :**

On étudie à présent la fibre OM à saut d'indice présentée dans l'annexe 01.

14. Pour une longueur d'onde de  $850 \text{ nm}$ , déterminer la latence de la fibre optique sachant qu'elle relie le poste d'un technicien à un serveur sur  $1,50 \text{ km}$  :

Lorsque le technicien lance une commande ping, la durée « time » qui s'affiche est de  $7 \text{ ms}$ .

15. Ces deux valeurs sont-elles compatibles ? Si non, expliquez les éventuels écarts.

❖ **Il (je ne citerais pas de prénom) réfléchit totalement ?**

Une fibre optique possède un cœur d'indice  $n_1 = 1,58$  et une gaine d'indice  $n_2 = 1,00$ . Le technicien envoie un rayon avec un angle d'incidence  $i_1 = 50^\circ$ .

16. Y-aura-t-il dans ces conditions réflexion totale des rayonnements ?

❖ **Ouverture numérique d'une fibre optique à saut d'indice :**

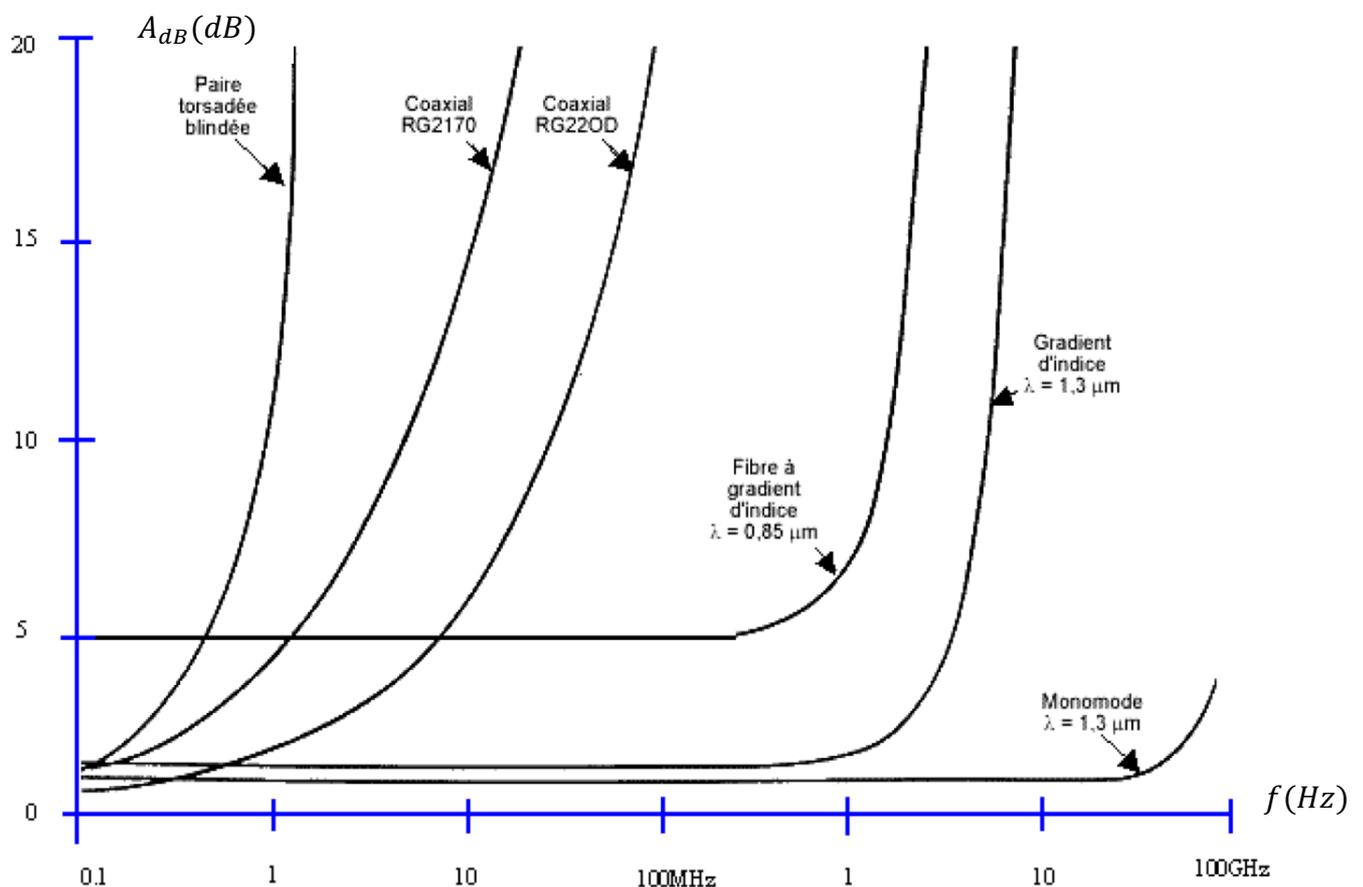
On étudie la fibre optique à saut d'indice dont un extrait de la fiche technique est donné en annexe 01. On utilise cette fibre optique avec une onde électromagnétique de longueur d'onde  $\lambda = 1300 \text{ nm}$  dans le cœur de la fibre.

17. Relever l'indice du cœur noté  $n_1$  ainsi que l'ouverture numérique, notée  $ON$ , de la fibre.

18. Sachant que  $ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ , en déduire la valeur de l'indice de la gaine de la fibre, noté  $n_2$ .

❖ Nature de filtrage des lignes de transmission de signaux :

Le graphe ci-dessous représente l'atténuation  $A_{dB}$  pour un kilomètre des lignes de transmissions usuelles (câble ETHERNET, câbles coaxiaux, fibres OM, fibre OS)



19. Comment nomme-t-on ce graphe ?

20. Quelle est la nature du filtrage réalisé par chacune des lignes de transmissions ?

21. Quelle ligne de transmission peut être utilisée afin d'avoir le plus grand débit binaire brut ?

22. Quelle fibre optique atténue le plus dans sa bande passante ?

❖ **Dispersion modale :**

On cherche à comprendre ici quel est le phénomène qui limite en haute fréquence, la transmission du signal dans la fibre optique. On donne la célérité des rayonnements électromagnétiques dans le vide :

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

La source de rayonnement électromagnétiques à l'entrée de la fibre optique (celle de l'annexe 01), émet des impulsions dont le spectre contient **une seule raie** de longueur d'onde  $\lambda_1 = 850 \text{ nm}$ . La longueur de la fibre est  $L = 50,0 \text{ m}$ .

23. Déterminer la valeur de  $t_{min}$ , la plus petite durée de parcours de la lumière, dans le cœur de la fibre.

24. Déterminer la valeur de  $t_{max}$ , la plus grande durée de parcours de la lumière, dans le cœur de la fibre. On admettra que la plus grande longueur du trajet est  $L' = \frac{L}{\cos \alpha}$

25. En déduire la dispersion modale  $\Delta t$  de cette fibre, correspondant à la différence entre la plus grande durée et la plus petite durée de parcours de la lumière, dans le cœur de la fibre.

**❖ Produit « bande passante-longueur » pour les fibres OM :**

26. Pour la fibre OM3 de l'annexe 02, calculer la bande passante  $\Delta f$  pour la longueur maximale indiquée :

27. Est-ce compatible avec le débit binaire brut indiqué sur ce même document ?

**❖ Atténuation linéique de la fibre :**

La source de rayonnements électromagnétiques à l'extrémité de la fibre optique (celle de l'annexe 01) , émet un signal dont le spectre contient une seule raie de longueur d'onde  $\lambda_2 = 1300 \text{ nm}$ . On rappelle que  $L = 50,0 \text{ m}$ .

28. A l'aide de la fiche technique, relever la valeur de l'atténuation linéique maximale en  $\text{dB}/\text{km}$  (notée  $A_{\text{dB},l}$ ) puis calculer la valeur de l'atténuation  $A_{\text{dB}}$  en  $\text{dB}$  pour la longueur  $L$ .

29. En déduire la valeur de la puissance lumineuse à la sortie de la fibre optique  $P_s$  si en entrée, la puissance est  $P_e = 1,00 \text{ mW}$ .

30. Pour cette distance de câble, le technicien a-t-il bien fait d'utiliser la longueur d'onde  $\lambda_2 = 1300 \text{ nm}$  plutôt que  $\lambda_1 = 850 \text{ nm}$  ? Justifier votre réponse.

## Annexe 01 - Extrait de la fiche technique d'une fibre optique multimode à saut d'indice

Cette fibre a été conçue pour une utilisation avec les longueurs d'onde de 850 et/ ou 1300nm.

### Applications

Cette fibre est utilisable pour le câblage LAN, la vidéo, la transmission de voix et de données (LED, VCSEL...)

### Atténuation

IEC 60793-1-41

Valeur maximale d'atténuation du câble à 850 nm	$\leq 3.0$ dB/km
Valeur maximale d'atténuation du câble à 1300 nm	$\leq 1.0$ dB/km
Limite d'atténuation selon la norme IEC 60793-2-10, 850 nm	$\leq 2.5$ dB/km
Limite d'atténuation selon la norme IEC 60793-2-10, 1300 nm	$\leq 0.8$ dB/km
Homogénéité des OTDR	Max. 0.1 dB/km

### Bande passante

IEC 60793-1-41

850 nm	$\geq 3500$ MHz • km
1300 nm	$\geq 500$ MHz • km

### Indice de réfraction

IEC 60793-1-22

Indice de réfraction à 850 nm	1.482
Indice de réfraction à 1300 nm	1.477

### Autres propriétés

IEC 60793-1-xx

Attributs	Méthode de mesure	Unités	Données
Diamètre	IEC/EN 60793-1-20	$\mu\text{m}$	$50 \pm 2.5$
Diamètre de la gaine	IEC/EN 60793-1-20	$\mu\text{m}$	$125.0 \pm 1.0$
Erreur de concentricité de revêtement	IEC/EN 60793-1-20	$\mu\text{m}$	$\leq 1.5$
Diamètre du coating – sans couleur	IEC/EN 60793-1-21	$\mu\text{m}$	$242 \pm 7$
Diamètre du coating - couleur	IEC/EN 60793-1-21	$\mu\text{m}$	$250 \pm 15$
Primary coating-cladding concentricity error	IEC/EN 60793-1-21	$\mu\text{m}$	$\leq 10$
Résistance à la traction	IEC/EN 60793-1-32	N	1.7
Ouverture numérique	IEC/EN 60793-1-43	N	$0.200 \pm 0.015$

## Annexe 02 – Caractéristiques des fibres optiques

TYPE DE FIBRE	OS1 / OS2	OM1	OM2	OM3	OM4
	Monomode	Multimode	Multimode	Multimode	Multimode
DOMAINE D'APPLICATION PRINCIPAL	Liaisons bâtiments	vidéosurveillance et réseau	vidéosurveillance et réseau	Gigabit & Datacenter	Datacenter
DÉBIT COURANT	Illimité	100 Mb/s	100 Mb/s & 1Gb/s	10 Gb/s	10 Gb/s & 40 Gb/s
DIAMÈTRE DE LA FIBRE	9/125µm	62,5/125µm	50/125µm	50/125µm	50/125µm
DÉPORT*	Très longue distance > 5 km	Longue distance < 5 km	Longue distance < 550 m	Moyenne distance réseau < 300 m	Moyenne distance réseau < 150 m
BANDE PASSANTE	Illimitée	200 MHz.km (850 nm)	500 MHz.km	1500 MHz.km (850 nm)	3500 MHz.km (850 nm)