Transmission d'information par fibre optique

Bac S 2013 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Rappeler une propriété d'un faisceau laser et montrer qu'elle justifie l'usage de ce rayonnement pour la transmission d'information par fibre optique.

Un faisceau laser est très **directif** : il diverge très peu, toute sa puissance reste concentrée dans un pinceau très fin.

On peut donc l'injecter presque entièrement dans le cœur de la fibre, de très petit diamètre, sous une incidence bien maîtrisée. La lumière s'y propage ensuite par réflexions totales successives à la surface de séparation cœur-gaine (document 2).

Directivité du laser : toute la lumière émise entre dans le cœur très fin de la fibre et y reste guidée.

COMPRENDRE
Autre réponse recevable : le laser est monochromatique. On peut alors choisir la longueur d'onde la moins atténuée par la silice (question 2).

COMPRENDRE
Le laser ne figure plus au programme actuel de spécialité : cette question relève de l'ancien programme de Terminale S.

2 À l'aide du document 3, choisir une longueur d'onde à privilégier pour une bonne transmission du signal.

Le signal est d'autant mieux transmis que le coefficient d'atténuation α est faible. Sur le document 3, la courbe passe par un minimum, $\alpha \approx 0{,}5\ \text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$, pour $\lambda \approx 1{,}3\ \mu\text{m}$.

$\lambda \approx 1{,}3\ \mu\text{m}$ (infrarouge), là où l'atténuation est minimale.

PIÈGE
L'axe des abscisses est gradué en micromètres. Ces longueurs d'onde, supérieures à $0{,}8\ \mu\text{m}$, sont dans l'infrarouge et non dans le visible.

COMPRENDRE
La courbe présente un second minimum équivalent vers $1{,}5\ \mu\text{m}$: cette réponse convient aussi. Il faut en revanche éviter le pic situé vers $1{,}4\ \mu\text{m}$.

3.1 Le débit disponible vaut en moyenne $100\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$. Évaluer le temps de transfert d'un fichier de 50 Mo.

Données utiles $D = 100\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1} = 100 \times 10^6\ \text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$; 1 octet = 8 bits ; 1 Mo = 2^{20} octets (document 1)

Taille du fichier en bits : $N = 50 \times 2^{20} \times 8 = 4{,}2 \times 10^8$ bits.

Le débit binaire est le nombre de bits transmis par seconde : $D = \dfrac{N}{\Delta t}$, donc $\Delta t = \dfrac{N}{D}$.

$$\Delta t = \frac{50 \times 2^{20} \times 8}{100 \times 10^6} = 4{,}2\ \text{s}$$

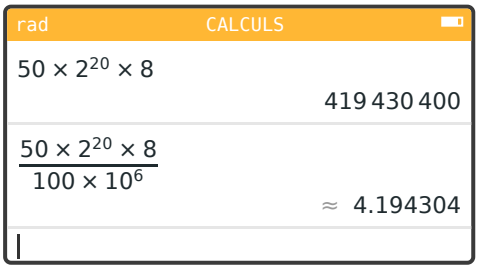
$\Delta t \approx 4{,}2\ \text{s}$

PIÈGE
Le débit est en bits par seconde, la taille du fichier en octets : sans le facteur 8, on trouve une durée huit fois trop courte.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme « 50 Mo ». Le sujet impose 1 Mo = 2^{20} octets, ce qui est en toute rigueur le mébioctet (Mio) ; avec 1 Mo = 10^6 octets, on aurait $4{,}0$ s.

COMPRENDRE
Le débit binaire n'est plus au programme actuel de spécialité (ancien programme de Terminale S).

À LA CALCULATRICE



3.2 Un film vidéo noir et blanc comporte 25 images par seconde, de 600×450 pixels, codées sur 24 bits par pixel. La transmission peut-elle être assurée dans de bonnes conditions ?

Données utiles $D = 100\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$

Taille d'une image : $600 \times 450 \times 24 = 6{,}48 \times 10^6$ bits.

Pour afficher le film au fur et à mesure, il faut recevoir 25 images chaque seconde, soit un débit nécessaire :

$$D_{\text{film}} = 25 \times 600 \times 450 \times 24 = 1{,}62 \times 10^8\ \text{bit} \cdot \text{s}^{-1} = 162\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$$

Or $D_{\text{film}} > D$: la ligne ne fournit pas assez de bits par seconde.

$D_{\text{film}} = 162\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1} > 100\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$: la transmission ne peut pas être assurée dans de bonnes conditions.

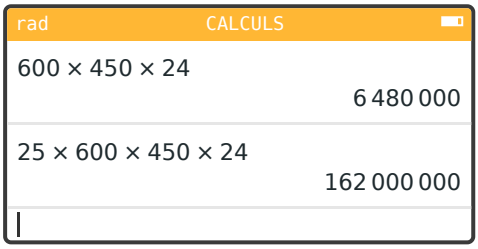
COMPRENDRE

En pratique, les vidéos sont compressées avant l'envoi, ce qui réduit fortement le débit nécessaire. Ici, le calcul porte sur un film non compressé.

MÉTHODE

Pour une question fermée (« peut-on… ? »), calculer la grandeur nécessaire, la comparer explicitement à la grandeur disponible, puis conclure par une phrase.

À LA CALCULATRICE



4 La fibre en silice la plus longue mesure $L = 10{,}0$ km et le laser émet à 850 nm. Le signal est exploitable si P_{sortie} dépasse 1 % de $P_{\text{entrée}}$. Tous les clients reçoivent-ils un signal satisfaisant sans amplification intermédiaire ?

Données utiles $A_{\text{dB}} = 10\log\left(\dfrac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}\right)$; $\alpha = \dfrac{A_{\text{dB}}}{L}$; document 3

Lecture du document 3 pour $\lambda = 850\ \text{nm} = 0{,}85\ \mu\text{m}$: $\alpha \approx 2{,}5\ \text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$.

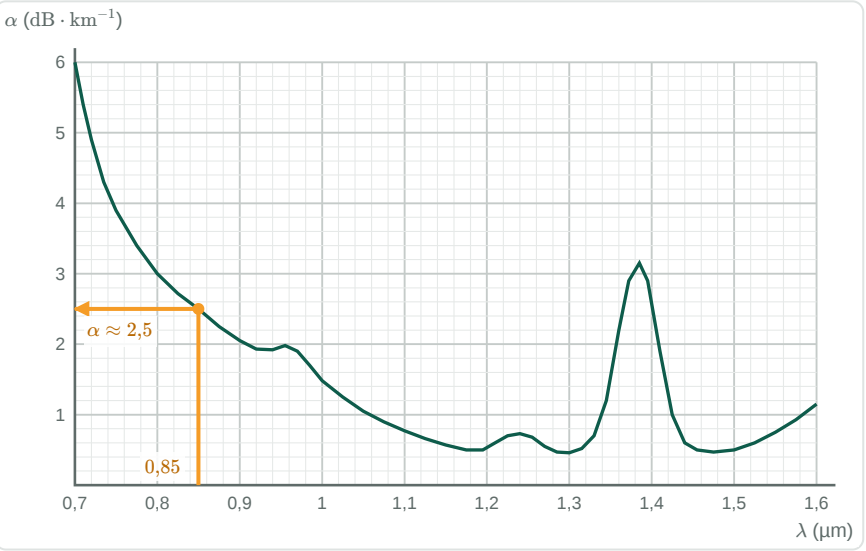
Atténuation pour le client le plus éloigné : $A_{\text{dB}} = \alpha \times L = 2{,}5 \times 10{,}0 = 25\ \text{dB}$.

Or $A_{\text{dB}} = 10\log\left(\dfrac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}\right)$, donc

$$\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = 10^{-A_{\text{dB}}/10} = 10^{-2{,}5} = 3{,}2 \times 10^{-3}$$

soit environ 0,3 %, ce qui est inférieur au seuil de 1 %.

$\dfrac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} \approx 0{,}3\ \% < 1\ \%$: le signal n'est pas exploitable au bout de 10,0 km ; sans amplification, tous les clients ne sont pas correctement desservis.



4 · Document 3 : lecture du coefficient d'atténuation à 0,85 µm

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

2.5×10.0 ≈ 25

$10^{\frac{-25}{10}}$ ≈ 0.003162278

PIÈGE
Convertir 850 nm en $0{,}85\ \mu\text{m}$ avant de lire le graphique, et ne pas confondre α (en dB par kilomètre) avec l'atténuation totale A_{dB}.

COMPRENDRE
La lecture graphique est approximative, mais la conclusion est sûre : il faudrait $\alpha \leqslant 2{,}0\ \text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$. Une solution : émettre à $1{,}3\ \mu\text{m}$.

MÉTHODE
Autre voie : le seuil de 1 % correspond à $A_{\text{dB}} = 10\log(100) = 20\ \text{dB}$, soit une longueur maximale $20 \div 2{,}5 = 8{,}0\ \text{km}$, inférieure à 10,0 km.