Le très haut débit pour tous

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

1 Rédiger, en 20 lignes au maximum, une synthèse argumentée répondant à la problématique : « La fibre optique est-elle synonyme d'avenir incontournable pour la transmission d'informations ? »

Une information peut être transmise par trois types de support : un câble électrique (fil de cuivre), une fibre optique, ou l'air et le vide, où se propagent librement des ondes électromagnétiques (transmission hertzienne).

Une fibre optique comporte un cœur d'indice n_1 entouré d'une gaine d'indice $n_2 < n_1$ (document 6). Le rayon lumineux arrive sur la surface cœur-gaine avec un angle d'incidence θ supérieur à l'angle limite θ_2, défini par $\sin\theta_2 = \dfrac{n_2}{n_1}$ (document 7) : il n'y a pas de rayon réfracté, toute la lumière est réfléchie. Par réflexions totales successives, le signal reste guidé dans le cœur jusqu'à la sortie.

Points forts (document 5) : la fibre est insensible aux ondes électromagnétiques extérieures ; son atténuation est très faible ($0{,}2$ dB/km contre 10 dB/km pour le cuivre), donc le signal va loin sans être réamplifié ; sa grande largeur de bande permet de transporter beaucoup d'informations à la fois. Le débit passerait ainsi de 1 à 20 mégabits par seconde à 100 mégabits par seconde (document 1).

Points faibles : le réseau de fibres est encore peu implanté, alors que le réseau de cuivre couvre déjà le territoire (document 5). Il faut donc le construire : $1{,}8$ milliard d'euros pour la seule Bretagne, avec un chantier qui s'étend jusqu'en 2030 (document 1).

L'enjeu est d'offrir à tous les foyers un débit suffisant pour la télévision haute définition, la vidéo et Internet, au prix d'un investissement lourd et long.

La fibre optique est le support le plus performant et s'impose pour le très haut débit, mais elle n'est pas la seule solution : son coût et la durée du déploiement laissent une place au cuivre déjà installé et aux liaisons hertziennes.

PIÈGE
Recopier le tableau du document 5 sans expliquer le fonctionnement de la fibre. La condition $n_2 < n_1$ et l'angle d'incidence supérieur à l'angle limite sont attendus.

COMPRENDRE
Le débit binaire (en bit par seconde), évoqué dans le document 1, relevait de l'ancien programme : il ne figure plus dans le programme actuel de spécialité.

MÉTHODE
Suivre l'ordre imposé par l'énoncé : trois supports, principe de la fibre, points forts et faibles, réponse. Citer le numéro du document à chaque argument et terminer par une réponse nette à la problématique.

2.1 À l'aide des documents, déterminer le domaine du spectre électromagnétique à utiliser pour obtenir une transmission d'atténuation minimale avec une fibre optique en silice.

Sur le document 3, la courbe d'atténuation linéique passe par son minimum (un peu plus de $0{,}1$ dB/km) pour une longueur d'onde $\lambda \approx 1{,}55\ \mu\text{m}$, soit $\lambda \approx 1{,}55 \times 10^{-6}$ m.

D'après le document 4, cette valeur est comprise entre 10^{-6} m et 10^{-4} m.

Il faut utiliser des radiations **infrarouges** ($\lambda \approx 1{,}55 \times 10^{-6}$ m).

PIÈGE
Le document 3 est gradué en micromètres, le document 4 en mètres : convertir avant de comparer. Ne pas retenir le pic situé vers $1{,}4\ \mu\text{m}$, qui est un maximum local d'atténuation.

COMPRENDRE
L'axe vertical du document 3 est logarithmique : entre $0{,}1$ et 1, les graduations ne sont pas régulièrement espacées. Seule la position du minimum compte ici.

2.2.1 En utilisant le document 2, montrer que l'atténuation du signal, calculée par le produit $\alpha \times L$, est égale à 20 dB à l'instant où le signal est réamplifié.

Données utiles $\alpha = \frac{10}{L} \log \frac{P_e}{P_s}$; réamplification dès que P_s atteint 1 % de P_e

D'après le document 2 : $\alpha \times L = 10 \log \frac{P_e}{P_s}$.

À l'instant de la réamplification, $P_s = \frac{1}{100} P_e$, donc $\frac{P_e}{P_s} = 100$.

$$\alpha \times L = 10 \log(100) = 10 \times 2$$

$\alpha \times L = 20$ dB : c'est bien la valeur attendue.

PIÈGE
Inverser le rapport : $\log \frac{P_s}{P_e} = \log(0{,}01) = -2$ donnerait -20 dB. L'atténuation est définie avec la puissance d'entrée au numérateur.

COMPRENDRE
log est le logarithme décimal : $\log(10^n) = n$. Chaque division de la puissance par 10 ajoute 10 dB d'atténuation ; une division par 100 correspond donc à 20 dB.

2.2.2 Combien d'amplificateurs sont nécessaires pour une liaison Rennes-Strasbourg (environ 900 km) par fibre optique, puis par câble électrique ? Conclure.

Données utiles $\alpha \times L = 20$ dB (2.2.1) ; fibre : $\alpha_f = 0{,}2$ dB/km ; cuivre : $\alpha_c = 10$ dB/km ; $d = 900$ km

Le signal doit être réamplifié dès que la distance parcourue atteint $L = \frac{20}{\alpha}$.

Fibre optique : $L_f = \frac{20}{0{,}2} = 100$ km, soit $\frac{d}{L_f} = \frac{900}{100} = 9$ amplificateurs.

Câble électrique : $L_c = \frac{20}{10} = 2$ km, soit $\frac{d}{L_c} = \frac{900}{2} = 450$ amplificateurs.

Il faut 9 amplificateurs avec la fibre contre 450 avec le câble, soit 50 fois moins : la fibre optique est bien plus avantageuse pour une liaison à longue distance.

PIÈGE
« Conclure » exige une comparaison chiffrée entre les deux supports, pas seulement deux nombres. Garder les longueurs en kilomètres, puisque α est en dB/km.

COMPRENDRE
Le dernier amplificateur compté se trouve à l'arrivée, à Strasbourg. Répondre 8 et 449 amplificateurs placés en cours de ligne est tout aussi juste, à condition de le justifier.

À LA CALCULATRICE

