La télévision numérique : émission, transmission et réception.

Bac S 2016 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Justifier le choix d'une fréquence de 800 MHz pour transmettre l'information.

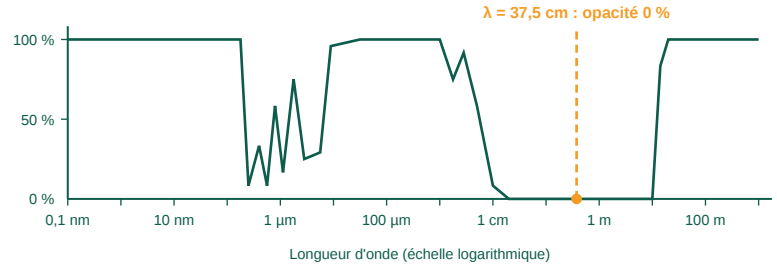
Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f = 800\ \text{MHz} = 800 \times 10^6\ \text{Hz}$; courbe d'opacité de l'atmosphère

La courbe d'opacité est graduée en longueur d'onde : on calcule celle du signal, qui se propage dans l'air à la célérité c.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{800 \times 10^6} = 0{,}375\ \text{m}$$

Sur la courbe, entre 10 cm et 10 m environ, l'opacité de l'atmosphère est de 0 % : une onde de longueur d'onde 37,5 cm n'est pas absorbée.

$\lambda = 0{,}375\ \text{m}$: l'atmosphère est transparente pour cette onde, le signal peut se propager sur de grandes distances.

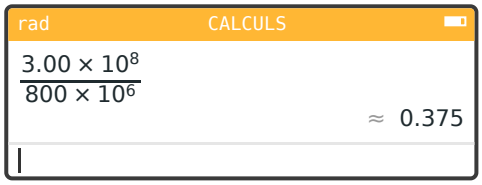


1.1 · Opacité de l'atmosphère (allure de la courbe du sujet) et position du signal à 800 MHz

PIÈGE
Chercher 800 MHz directement sur l'axe : il porte des longueurs d'onde, et son échelle est logarithmique. Convertir aussi les mégahertz en hertz.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme c et la fréquence. Une opacité de 100 % signifie que l'atmosphère absorbe totalement le rayonnement : aucune transmission possible à ces longueurs d'onde.

À LA CALCULATRICE



1.2 Expliquer pourquoi la réception reste possible quand l'émetteur relais n'est pas visible depuis l'antenne réceptrice, en faisant intervenir les dimensions des ouvertures des maisons.

Données utiles $\lambda = 0{,}375\ \text{m}$ (1.1)

Le phénomène en jeu est la **diffraction** : en rencontrant une ouverture ou un obstacle, l'onde change de direction de propagation et s'étale derrière lui. Elle atteint ainsi des zones d'où l'émetteur n'est pas visible.

La diffraction est d'autant plus marquée que la dimension a de l'ouverture est proche de la longueur d'onde λ, ou plus petite. Les ouvertures d'une maison (fenêtres, portes) mesurent environ 1 m, soit le même ordre de grandeur que $\lambda = 0{,}375\ \text{m}$.

L'onde est nettement diffractée par les ouvertures et les bords des bâtiments, car $a \approx 1\ \text{m}$ est du même ordre de grandeur que $\lambda \approx 0{,}4\ \text{m}$: elle parvient à l'antenne sans visée directe.

COMPRENDRE
La lumière visible ($\lambda \approx 0{,}5\ \mu\text{m}$) traverse la même fenêtre sans s'étaler de façon perceptible : l'ouverture est deux millions de fois plus grande que sa longueur d'onde.

MÉTHODE
Pour juger si la diffraction compte : comparer les ordres de grandeur de λ et de a. L'écart angulaire vérifie $\theta = \frac{\lambda}{a}$: plus a est petit devant λ, plus l'onde s'étale.

1.3 Vérifier que les chaînes émises par une antenne relais sont reçues quasi simultanément par tous les récepteurs situés à moins de 50 km.

Données utiles $d = 50\ \text{km} = 50 \times 10^3\ \text{m}$; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

L'onde se propage à la célérité c. Le récepteur le plus éloigné, à $d = 50\ \text{km}$, reçoit le signal avec le retard maximal :

$$\tau = \frac{d}{c} = \frac{50 \times 10^3}{3{,}00 \times 10^8} = 1{,}7 \times 10^{-4}\ \text{s}$$

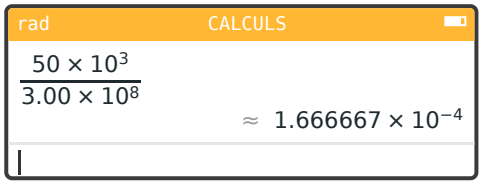
Tous les récepteurs reçoivent donc le signal moins de 0,17 ms après son émission : l'écart de réception entre deux d'entre eux ne peut pas dépasser cette valeur.

Or une image dure $\frac{1}{50}\ \text{s} = 20\ \text{ms}$: le décalage est plus de cent fois plus court, donc imperceptible.

$\tau_{\max} = 1{,}7 \times 10^{-4}\ \text{s} = 0{,}17\ \text{ms}$: la réception est bien quasi simultanée.

PIÈGE
S'arrêter au calcul. « Vérifier » demande de comparer le retard à une durée de référence (durée d'une image, temps de perception) pour conclure.

À LA CALCULATRICE



2.1 Attribuer chacun des schémas (a) et (b) à un signal analogique ou à un signal numérique, en justifiant.

Signal (a) : la grandeur varie de façon continue au cours du temps et prend une infinité de valeurs. C'est un signal **analogique**.

Signal (b) : la grandeur ne prend que deux valeurs (niveau haut, niveau bas) et passe de l'une à l'autre par sauts. C'est un signal **numérique**.

(a) : signal analogique ; (b) : signal numérique.

COMPRENDRE
Les deux niveaux du signal (b) codent les bits 0 et 1. La distinction entre signal analogique et signal numérique ne figure plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

2.2 Déterminer la distance maximale entre l'antenne et le téléviseur pour que l'image reste satisfaisante.

Données utiles $P_{\text{entrée}} = 100\ \text{nW}$; $P_{\text{sortie}} \geqslant 20\ \text{nW}$; $\alpha = 0{,}17\ \text{dB} \cdot \text{m}^{-1}$ à 800 MHz ; $A_{\text{dB}} = 10 \log\left(\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}\right)$; $\alpha = \frac{A_{\text{dB}}}{L}$

La relation du coefficient d'atténuation, donnée pour une fibre optique, s'applique de la même façon au câble coaxial.

L'image est satisfaisante tant que $P_{\text{sortie}} \geqslant 20\ \text{nW}$. L'atténuation maximale tolérée est donc :

$$A_{\text{dB,max}} = 10 \log\left(\frac{100}{20}\right) = 7{,}0\ \text{dB}$$

Comme $\alpha = \frac{A_{\text{dB}}}{L}$, la longueur maximale du câble est :

$$L_{\max} = \frac{A_{\text{dB,max}}}{\alpha} = \frac{10}{0{,}17} \times \log\left(\frac{100}{20}\right) = 41\ \text{m}$$

$L_{\max} = 41\ \text{m}$: le téléviseur doit être relié à l'antenne par moins de 41 m de câble.

PIÈGE
Utiliser `ln` au lieu de `log` (logarithme décimal), ou inverser le rapport des puissances : l'atténuation serait négative.

COMPRENDRE
Les deux puissances sont dans la même unité : inutile de convertir les nanowatts. Résultat à deux chiffres significatifs, comme α. Le câble de 100 m ne peut donc pas être utilisé en entier.

COMPRENDRE
Le coefficient d'atténuation d'un câble ou d'une fibre relevait de l'ancien programme ; il n'est plus exigible en spécialité de Terminale.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$10 \times \log\left(\frac{100}{20}\right) \approx 6.9897$

$\frac{10}{0.17} \times \log\left(\frac{100}{20}\right) \approx 41.11588$

3.1 Donner, en le justifiant, le codage RVB d'un pixel noir et celui d'un pixel blanc.

Chaque couleur primaire est codée sur 1 octet, soit 8 bits : $2^8 = 256$ valeurs, de 0 (sous-pixel éteint) à 255 (intensité maximale).

Pixel noir : aucune lumière émise, les trois sous-pixels sont éteints.

Pixel blanc : en synthèse additive, la superposition du rouge, du vert et du bleu à leur intensité maximale donne du blanc.

Noir : $(0,\ 0,\ 0)$; blanc : $(255,\ 255,\ 255)$.

PIÈGE
Inverser les deux codages en raisonnant comme avec des peintures. Un écran émet de la lumière : synthèse additive, le blanc s'obtient en allumant tout.

3.2 Déterminer le débit nécessaire pour transmettre les images d'une chaîne HD 1080p/50, en bits par seconde puis en gigabits par seconde.

Données utiles image de 1080 lignes de 1920 pixels ; 50 images par seconde ; 3 octets par pixel ; 1 octet = 8 bits

Nombre de bits par pixel : $3 \times 8 = 24$ bits.

Nombre de pixels par image : $1080 \times 1920 = 2\,073\,600$.

Le débit binaire est le nombre de bits transmis par seconde :

$$D = 1080 \times 1920 \times 24 \times 50 = 2{,}49 \times 10^9 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1}$$

$D = 2{,}49 \times 10^9 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1} = 2{,}49 \text{ Gbit} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Oublier de convertir les 3 octets en 24 bits (résultat 8 fois trop petit), ou prendre 25 images par seconde, valeur du format 1080i/25.

COMPRENDRE
Le préfixe giga vaut 10^9. Le débit binaire et la numérisation des images appartenaient à l'ancien programme de Terminale S ; ils ne sont plus au programme actuel de spécialité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1080 \times 1920 = 2\,073\,600$

$1080 \times 1920 \times 24 \times 50 = 2\,488\,320\,000$

3.3 Préciser quelle technique permet d'envoyer trois chaînes HD sur un canal de 24 Mbit·s^{-1} alors que cela ne semble pas suffire pour une seule.

Données utiles $D = 2{,}49 \times 10^9$ bit · s^{-1} (3.2) ; canal de 24 Mbit · s^{-1} pour trois chaînes

Chaque chaîne ne dispose que de $\frac{24}{3} = 8$ Mbit · s^{-1}, soit environ 300 fois moins que le débit calculé en 3.2.

Les données vidéo sont donc **compressées** avant l'émission : un algorithme réduit fortement le nombre de bits à transmettre (par exemple en ne codant que ce qui change d'une image à la suivante), puis le téléviseur décompresse le flux.

La technique utilisée est la compression des données vidéo, qui divise le débit par 300 environ.

COMPRENDRE

Cette compression se fait avec pertes : une partie de l'information, peu perceptible à l'œil, est supprimée. C'est le prix à payer pour un tel facteur de réduction.

À LA CALCULATRICE

