Domotique

Bac S 2019 Afrique (ancien programme) · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Justifier par un calcul l'utilisation d'un capteur infrarouge pour détecter un intrus.

Données utiles loi de Wien : $\lambda_{\max} T = 2{,}9 \times 10^{-3}\ \text{m} \cdot \text{K}$; $T = \theta + 273$; spectre électromagnétique du sujet

Le corps humain est à une température voisine de $\theta = 37\ ^\circ\text{C}$, soit $T = 37 + 273 = 310\ \text{K}$.

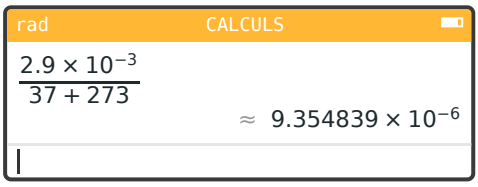
D'après la loi de Wien, son rayonnement thermique est maximal pour :

$$\lambda_{\max} = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{310} = 9{,}4 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

Sur le spectre fourni, cette longueur d'onde est comprise entre $1\ \mu\text{m}$ et $1\ \text{mm}$: elle se situe dans le domaine I.R.

$\lambda_{\max} = 9{,}4\ \mu\text{m}$: un intrus émet surtout dans l'infrarouge, un capteur infrarouge peut donc le détecter.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Laisser la température en degrés Celsius : $2{,}9 \times 10^{-3} \div 37$ donne $78\ \mu\text{m}$, valeur fausse même si elle reste dans l'infrarouge.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la constante $2{,}9 \times 10^{-3}$. La température n'est pas donnée : toute valeur réaliste convient (30 °C pour la peau donne $9{,}6\ \mu\text{m}$), la conclusion est la même.

COMPRENDRE
Capteur « passif » : il n'émet rien, il reçoit le rayonnement de l'intrus. La loi de Wien n'est plus au programme de la spécialité de terminale ; elle est ici fournie.

1.2 À quel domaine correspond l'onde émise par le capteur hyperfréquence ?

Données utiles $f = 9{,}9\ \text{GHz}$; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (valeur à connaître) ; spectre électromagnétique du sujet

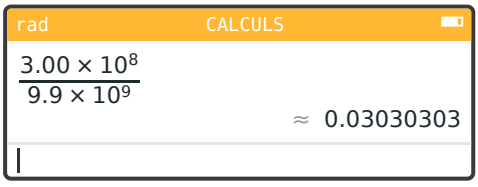
L'onde émise est électromagnétique : elle se propage dans l'air à la célérité c, donc

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{9{,}9 \times 10^9} = 3{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

Cette longueur d'onde est comprise entre $1\ \text{mm}$ et $1\ \text{m}$.

$\lambda = 3{,}0\ \text{cm}$: l'onde appartient au domaine des **micro-ondes**.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Oublier la conversion $1\ \text{GHz} = 10^9\ \text{Hz}$. Le spectre du sujet est gradué en longueur d'onde : la fréquence seule ne permet pas de conclure.

1.3 En quoi l'effet Doppler intervient-il dans le fonctionnement du détecteur de mouvement ?

Le capteur émet une onde de fréquence $f_E = 9{,}9\ \text{GHz}$; elle se réfléchit sur les obstacles de la pièce et revient vers le capteur.

Si l'obstacle est immobile, l'onde reçue a la même fréquence que l'onde émise. Si l'obstacle se déplace par rapport au capteur, la fréquence reçue f_R est différente de f_E : c'est l'effet Doppler ($f_R > f_E$ s'il s'approche, $f_R < f_E$ s'il s'éloigne).

Le capteur compare f_R à f_E : un décalage non nul signale un objet en mouvement, donc une intrusion possible.

COMPRENDRE
Les deux capteurs se complètent : l'infrarouge repère un corps chaud, l'effet Doppler un corps qui bouge. Exiger les deux limite les fausses alertes (radiateur, rideau agité).

2.1 Calculer la taille en Mo d'une image prise par la caméra, en supposant un codage RVB sur 24 bits.

Données utiles image de 1280×720 pixels ; 24 bits par pixel ; 1 octet = 8 bits ; $1\ \text{Mo} = 10^6$ octets

Chaque pixel est codé sur 24 bits, soit $\frac{24}{8} = 3$ octets (un par couleur).

Nombre de pixels : $1280 \times 720 = 921\,600$.

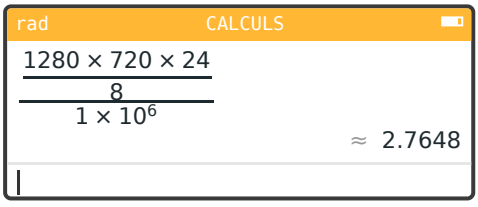
Taille d'une image : $921\,600 \times 3 = 2\,764\,800$ octets, soit $\frac{2\,764\,800}{10^6}$ Mo.

Taille d'une image $= 2{,}76$ Mo

PIÈGE
S'arrêter à $1280 \times 720 \times 24 = 2{,}2 \times 10^7$: ce sont des bits. Il reste à diviser par 8, puis par 10^6.

COMPRENDRE
Le codage des images et le débit binaire (partie 2) ne figurent plus au programme de la spécialité de terminale. Les calculs restent de simples proportionnalités.

À LA CALCULATRICE



2.2 Calculer la taille de la vidéo enregistrée par la caméra.

Données utiles 20 images par seconde ; durée de l'enregistrement : 10 min ; taille d'une image (2.1)

Durée : $\Delta t = 10 \times 60 = 600$ s.

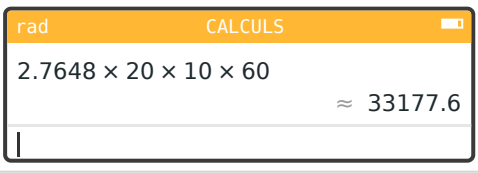
Nombre d'images : $20 \times 600 = 12\,000$.

Taille de la vidéo : $12\,000 \times 2{,}7648 = 3{,}32 \times 10^4$ Mo.

Taille de la vidéo non compressée $= 3{,}32 \times 10^4$ Mo (environ 33 Go)

MÉTHODE
Dans un calcul en chaîne, reprendre la valeur non arrondie de la question précédente (2,7648 Mo) et n'arrondir que le résultat final.

À LA CALCULATRICE



2.3 La vidéo compressée au format MPEG-4 occupe 11,8 Mo. En déduire le taux de compression moyen par rapport au codage RVB 24 bits.

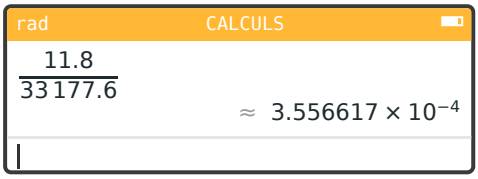
Données utiles taille après compression : 11,8 Mo ; taille avant compression (2.2) ; définition du taux de compression donnée par le sujet

En notant τ le taux de compression, rapport de la taille après compression à la taille avant compression :

$$\tau = \frac{11{,}8}{3{,}32 \times 10^{4}} = 3{,}56 \times 10^{-4}$$

$\tau = 3{,}56 \times 10^{-4}$, soit environ $0{,}036\ \%$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Inverser le rapport. Avec la définition du sujet, le taux est inférieur à 1.

COMPRENDRE
Le taux est un rapport de deux tailles dans la même unité : il n'a pas d'unité. Le fichier compressé est environ 2 800 fois plus léger que la vidéo brute.

2.4 Le débit de la connexion internet est-il suffisant pour visionner en direct cette vidéo au format MPEG-4 ?

Données utiles vidéo de 11,8 Mo pour 10 min ; débit montant : 1 Mbit/s ; débit descendant : 20 Mbit/s

Pour un visionnage en direct, la caméra doit envoyer les données aussi vite qu'elle les produit. Débit nécessaire :

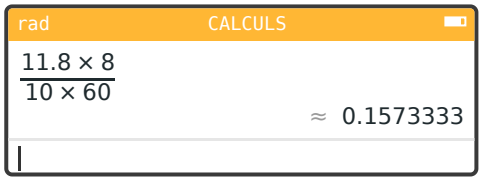
$$D = \frac{\text{taille}}{\Delta t} = \frac{11{,}8 \times 8}{600} = 0{,}157\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$$

La vidéo part de la maison vers le propriétaire : c'est le débit montant de la ligne qui compte, soit 1 Mbit/s.

$D = 0{,}157\ \text{Mbit/s} < 1\ \text{Mbit/s}$: le débit de la connexion est suffisant.

PIÈGE
Comparer des Mo/s à des Mbit/s : $11{,}8 \div 600 = 0{,}0197\ \text{Mo/s}$, à multiplier par 8. Et choisir le débit montant, pas le débit descendant.

À LA CALCULATRICE



3 Calculer le niveau d'intensité sonore perçu par l'intrus au moment où il est détecté.

Données utiles chaque sirène : $L_0 = 105$ dB à $d_0 = 1{,}0$ m ; $d_1 = 5{,}5$ m ; $d_2 = 6{,}9$ m ; $I_M = \frac{k}{d_M^2}$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; $I = I_1 + I_2$

Intensité sonore à 1,0 m d'une sirène. Comme $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$:

$$I(d_0) = I_0 \times 10^{L_0/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{10{,}5} = 3{,}16 \times 10^{-2}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Constante k (la même pour les deux sirènes, identiques) : $k = I(d_0) \times d_0^2 = 3{,}16 \times 10^{-2}$ W.

Intensités reçues par l'intrus.

$$I_1 = \frac{k}{d_1^2} = \frac{3{,}16 \times 10^{-2}}{5{,}5^2} = 1{,}05 \times 10^{-3}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$I_2 = \frac{k}{d_2^2} = \frac{3{,}16 \times 10^{-2}}{6{,}9^2} = 6{,}64 \times 10^{-4}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Les intensités s'ajoutent : $I = I_1 + I_2 = 1{,}71 \times 10^{-3}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Niveau d'intensité sonore.

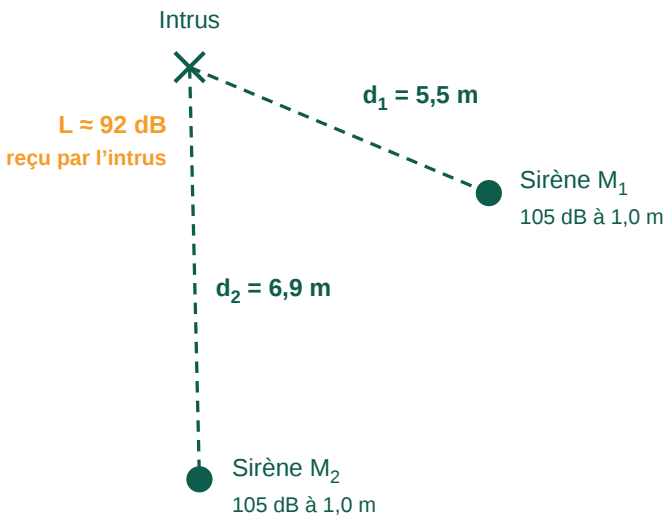
$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{1{,}71 \times 10^{-3}}{1{,}0 \times 10^{-12}} = 92{,}3\ \text{dB}$$

$L \approx 92$ dB : niveau sonore perçu par l'intrus.

PIÈGE
Additionner les niveaux : $90 + 88$ dB n'a aucun sens. Seules les intensités I s'ajoutent ; on revient au niveau en décibels à la toute fin.

COMPRENDRE
Contrôle : seule, la sirène M_1 donnerait 90 dB et M_2 88 dB. Le niveau total dépasse le plus élevé de moins de 3 dB : 92 dB est cohérent.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer le plan (niveau → intensité à 1 m → k → intensités à d_1 et d_2 → somme → niveau), puis le suivre. Chaque étape juste rapporte des points, même si le calcul n'aboutit pas.



3 · Position de l'intrus par rapport aux deux sirènes (d'après le plan du sujet)

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{105}{10}} \approx 0.03162278$

$\frac{0.0316227766}{5.5^2} \approx 0.001045381$

$\frac{0.0316227766}{6.9^2} \approx 6.642045 \times 10^{-4}$

$10 \times \log\left(10^{10.5} \times \left(\frac{1}{5.5^2} + \frac{1}{6.9^2}\right)\right) \approx 92.32891$