Bac S 2016 Métropole **Correction © http://labolycee.org**

EXERCICE I- DE L'EFFET DOPPLER À SES APPLICATIONS

1. Mouvement relatif d'une source sonore et d'un détecteur

1.1. Cas A :

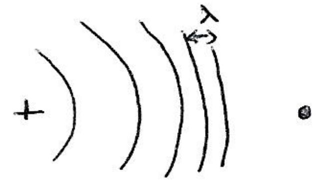
1.1.1. La fréquence f_0 est le nombre de bips sonores par seconde, elle s'exprime en hertz.

1.1.2. La distance entre la source et le détecteur ne varie pas, ainsi l'effet Doppler ne se produit pas donc $T = T_0$.

1.2. Cas B : Comme $0 < v_s < v_{son}$

On divise par v_{son} alors $0 < \dfrac{v_s}{v_{son}} < 1$,

ou :



On multiplie par –1 alors $0 > -\dfrac{v_s}{v_{son}} < 1$

On ajoute 1 alors $1 > \left(1-\dfrac{v_s}{v_{son}}\right)$

On multiplie par T_0 alors $T_0 > T_0 . \left(1-\dfrac{v_s}{v_{son}}\right)$

Comme $T' = T_0 . \left(1-\dfrac{v_s}{v_{son}}\right)$ alors $T_0 > T'$.

En inversant $\dfrac{1}{T_0} < \dfrac{1}{T'}$

Enfin comme $f = \dfrac{1}{T}$, on a $f_0 < f'$.

la souce se rapproche donc $\lambda \searrow$ or $f = \dfrac{v}{\lambda}$ donc si $\lambda \searrow$ alors $f \nearrow$ donc f' percue sera supérieure à la fréquence émise f_0

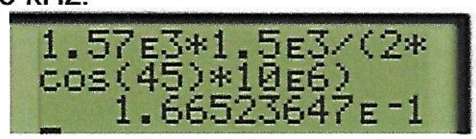
La fréquence perçue f' est supérieure à la fréquence émise f_0.

Remarque : ce résultat est conforme à l'observation de la vie quotidienne, la sirène de l'ambulance semble plus aiguë à l'approche.

2. La vélocimétrie Doppler en médecine

2.1. On applique la formule fournie $v = \dfrac{v_{\text{ultrason}}}{2.\cos\theta}.\dfrac{\Delta f}{f_E}$ avec $\Delta f = 1{,}5$ kHz.

$$v = \frac{1{,}57\times10^3}{2\times\cos 45}.\frac{1{,}5\times10^3}{10\times10^6} = 0{,}1665 \text{ m.s}^{-1}$$



En ne conservant que deux chiffres significatifs, $v = 0{,}17$ m.s^{-1} = **17 cm.s^{-1}**.

La lecture de la figure 2 montre que les vaisseaux pour lesquels les vitesses d'écoulement sanguin sont dans cette gamme, sont les artérioles (un peu plus de 0 cm.s^{-1} à $v = 20$ cm.s^{-1}), et les veines.

2.2. On a $v = \dfrac{v_{\text{ultrason}}}{2.\cos\theta}.\dfrac{\Delta f}{f_E}$ ainsi $\Delta f = \dfrac{v.2.\cos\theta.f_E}{v_{\text{ultrason}}}$ et dans cette formule seule f_E augmente, les autres paramètres sont inchangés.

Comme f_E est au numérateur alors Δf augmente.

3. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

3.1. On mesure la distance correspondant à plusieurs longueurs d'onde pour avoir un maximum de précision.

Sur la Figure 4, on a $5\lambda = 2{,}6$ cm donc $\lambda_0 = \dfrac{2{,}6}{5} = 0{,}52$ cm. Il faut tenir compte de l'échelle.

1,2 cm schéma → 1,0 m en réalité

Donc 0,52 cm schéma → λ_0 m en réalité

$\lambda_0 = \dfrac{1{,}0 \times 0{,}52}{1{,}2} = 0{,}43$ m en conservant que deux chiffres significatifs vu le manque de précision.

Même raisonnement pour la figure 5 :

Sur la Figure 5, on a $5\lambda' = 2{,}1$ cm donc $\lambda' = \dfrac{2{,}1}{5} = 0{,}42$ cm. Il faut tenir compte de l'échelle.

1,2 cm schéma → 1,0 m en réalité

Donc 0,42 cm schéma → λ' m en réalité

$\lambda' = \dfrac{1{,}0 \times 0{,}42}{1{,}2} = 0{,}35$ m.

3.2. On a $\lambda_0 = \dfrac{v_{son}}{f_0}$ donc $v_{son} = \lambda_0 \cdot f_0$

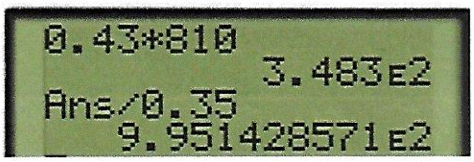
$v_{son} = 0{,}43 \times 8{,}1 \times 10^2 = 3{,}483 \times 10^2$ m.s^{-1} $= 3{,}5 \times 10^2$ m.s^{-1} avec 2 CS.

On sait que la célérité du son dans l'air est plus proche de 340 m.s^{-1} en général.

On a pu commettre une légère erreur de mesure sur la mesure de λ_0 ou l'altitude de l'hélicoptère joue sur la célérité du son.

3.3. Grâce à la figure 5, on a $\lambda' = 0{,}35$ m et on utilise la valeur précédente de la célérité (l'énoncé précise que la célérité est indépendante de la fréquence).

$\lambda' = \dfrac{v_{son}}{f'}$ donc $f' = \dfrac{v_{son}}{\lambda'} = \dfrac{\lambda_0 . f_0}{\lambda'}$



$f' = \dfrac{0{,}43 \times 8{,}1 \times 10^2}{0{,}35} = 1{,}0 \times 10^3$ Hz $> f_0$

Tout comme à la question 1.2. on constate que la fréquence perçue est supérieure à la fréquence émise.

Le son émis par l'hélicoptère paraît plus aigu lorsque ce dernier s'approche de l'observateur.

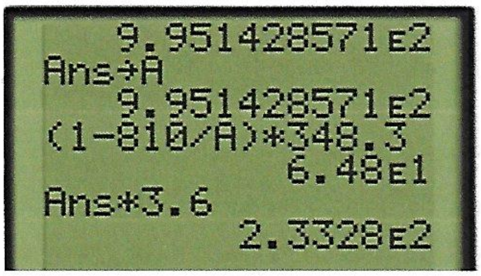
3.4. On prend la formule donnée en début de sujet $T' = T_0 . \left(1 - \dfrac{v_s}{v_{son}}\right)$

$$\frac{T'}{T_0} = 1 - \frac{v_s}{v_{son}}$$

$$\frac{v_s}{v_{son}} = 1 - \frac{T'}{T_0}$$

$$v_s = \left(1 - \frac{T'}{T_0}\right) . v_{son}$$

$$v_s = \left(1 - \frac{\frac{1}{f'}}{\frac{1}{f_0}}\right) . v_{son}$$



$$v_s = \left(1 - \frac{f_0}{f'}\right) . v_{son}$$

$$v_s = \left(1 - \frac{8{,}1 \times 10^2}{9{,}9514 \times 10^2}\right) \times 3{,}483 \times 10^2 = 64{,}8 \text{ m.s}^{-1} = 65 \text{ m.s}^{-1}$$

En multipliant par 3,6, on obtient $v_s = 233$ km.h^{-1}.

Cette valeur semble réaliste pour un hélicoptère.