Métropole 2016 - EXO ①

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

1-1-1) f_0 est le nombre de bips sonores émis en 1 s

1-1-2) Comme la source est immobile par rapport au détecteur, on a $T = T_0$, l'effet Doppler n'intervient pas.

1-2) on a $v_s < v_{son}$ donc $\frac{v_s}{v_{son}} < 1$

$$\Rightarrow 1 - \frac{v_s}{v_{son}} < 1$$

donc $\underbrace{T_0\left(1 - \frac{v_s}{v_{son}}\right)}_{T'} < T_0 \Rightarrow T' < T_0$

$$\frac{1}{f'} < \frac{1}{f_0}$$

donc $f' > f_0$. La fréquence perçue f' par le détecteur est supérieure à la fréquence réelle f_0.

2- La vélocimétrie Doppler en médecine

2-1) Calcul de la vitesse v de l'écoulement sanguin :

$$v = \frac{v_{ultrason}}{2 \cdot \cos\theta} \times \frac{\Delta f}{f_E} = \frac{1{,}57 \cdot 10^3}{2 \times \cos 45} \times \frac{1{,}5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 0{,}17 \text{ m.s}^{-1} = 17 \text{ cm.s}^{-1}$$

D'après la Figure 2, il s'agit d'artérioles ou de veines

2-2) d'après la formule, on a $\Delta f = v \times \frac{2 \cdot \cos\theta \cdot f_E}{v_{ultrason}}$

$\Rightarrow \Delta f = \underbrace{k}_{cte > 0} \times f_E$ donc si f_E augmente, le décalage Δf en fréquence augmente.

3- Détermination de la vitesse d'un hélicoptère

3-1) → on utilise la Figure 4.

On mesure la distance correspondant à $5\lambda_0$: 2,6 cm

On mesure la distance correspondant à l'échelle de 1,0 m : 1,2 cm

$$\Rightarrow 5\lambda_0 = \frac{1{,}0 \times 2{,}6}{1{,}2} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{1{,}0 \times 2{,}6}{1{,}2 \times 5} = 0{,}43 \text{ m.}$$

→ pour le mouvement, Figure 5.

$$5\lambda \longleftrightarrow 2{,}2 \text{ cm}$$

$$1{,}0 \text{ m} \longleftrightarrow 1{,}2 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow 5\lambda = \frac{1{,}0 \times 2{,}2}{1{,}2} \Rightarrow \lambda = \frac{1{,}0 \times 2{,}2}{5 \times 1{,}2} = 0{,}37 \text{ m.}$$

3-2) célérité définie par $\lambda_0 = v_{onde} \times T_0 = \frac{v_{onde}}{f_0}$

$$\Rightarrow v_{onde} = \lambda_0 \times f_0 = 0{,}43 \times 8{,}1 \cdot 10^2 = 3{,}5 \cdot 10^2 \text{ m/s}$$

Cette estimation est cohérente. On a en effet une célérité des sons dans l'air proche de 342 m/s

écart relatif $(3{,}5 \cdot 10^2 - 342)/342 = 2{,}3\% < 5\%$

3-3) on a $\lambda = v_{onde} \times T = \frac{v_{onde}}{f}$

$\Rightarrow f = v_{onde}/\lambda = 3{,}5 \cdot 10^2 / 0{,}37 = 9{,}5 \cdot 10^2$ Hz.

On a bien $f > f_0$, comme dit à la question 1-2.

Pendant la phase d'approche, l'observateur entend un son plus aigu que le son réel.

3-4) Relation du 1-2) : $T = T_0\left(1 - \frac{v}{v_{son}}\right)$

$\Rightarrow \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{f_0}\left(1 - \frac{v}{v_{son}}\right) \Rightarrow 1 - \frac{v}{v_{son}} = \frac{f_0}{f}$

$\Rightarrow \frac{v}{v_{son}} = 1 - \frac{f_0}{f}$ et donc $v = v_{son}\left(1 - \frac{f_0}{f}\right)$

Calcul : $v = 3{,}5.10^2 \times \left(1 - \frac{8{,}1.10^2}{9{,}5.10^2}\right) = 52$ m/s

≈ 187 km/h

Cette valeur est réaliste avec la vitesse d'un hélicoptère.