

De l'effet Doppler à ses applications (Bac S – Métropole - juin 2016)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
© <http://b.louchart.free.fr>

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

1.1.1. La fréquence f_0 de ce signal correspond au nombre de bips sonores par unité de temps.

1.1.2. La source et le détecteur sont immobiles, donc $T = T_0$

1.2.
$$T' = T_0 \left(1 - \frac{v_s}{v_{\text{son}}} \right)$$

Or $1 - \frac{v_s}{v_{\text{son}}} < 1$, donc $T' < T_0$

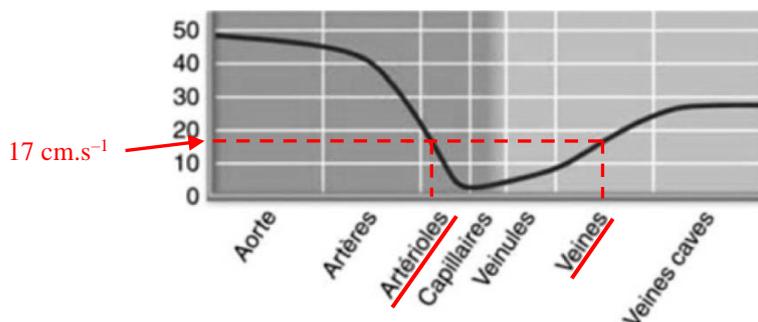
On en déduit que $\frac{1}{T'} > \frac{1}{T_0}$, donc que $f' > f_0$

2. La vélocimétrie Doppler en médecine

2.1. La vitesse des globules rouges dans le vaisseau sanguin vaut :

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

D'après le graphique de la figure 2, cela peut correspondre à une artériole ou à une veine.

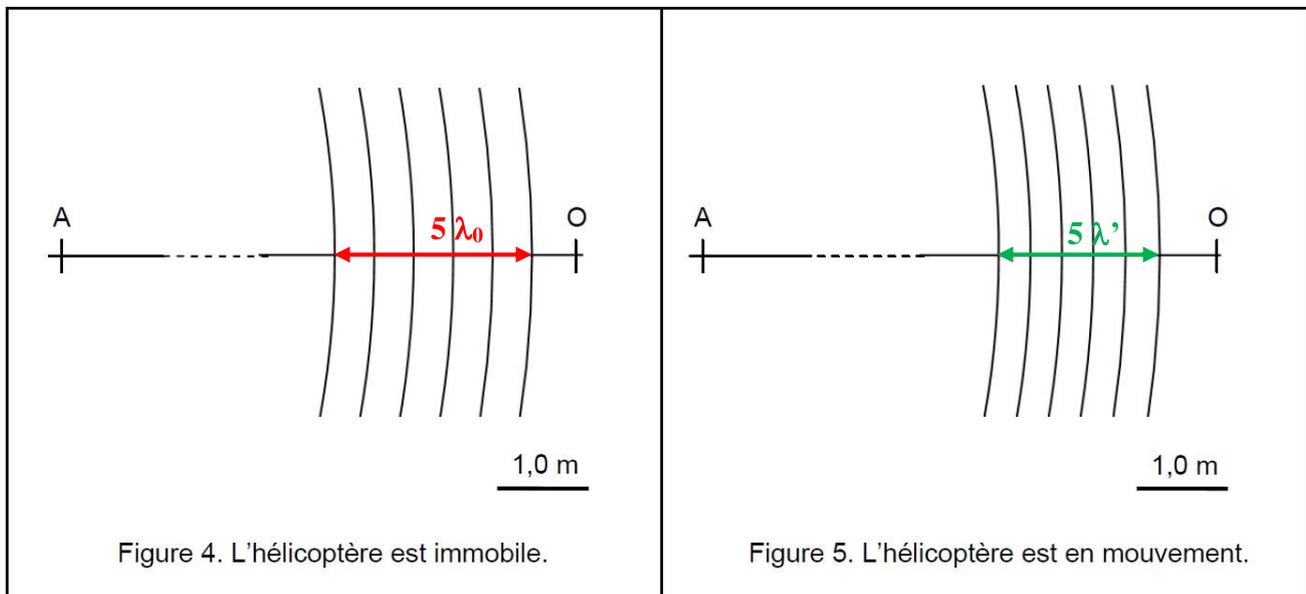


$$2.2. \quad v = \frac{v_{\text{ultrason}}}{2 \cos \theta} \cdot \frac{\Delta f}{f_E}, \text{ donc } \Delta f = \frac{2 f_E v \cos \theta}{v_{\text{ultrason}}}$$

Ainsi, pour les mêmes vaisseaux sanguins et les mêmes conditions de mesure (v , θ et v_{ultrason} constants), si on augmente la fréquence f_E , le décalage en fréquence Δf diminuera.

3. La vélocimétrie Doppler en médecine

3.1.



	sur la feuille	en réalité
échelle	1,2 cm	1,0 m
5 longueurs d'onde (hélicoptère immobile)	2,6 cm	$5 \lambda_0 = ?$
5 longueurs d'onde (hélicoptère en mouvement)	2,1 cm	$5 \lambda' = ?$

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

$$5 \lambda' = \frac{2,1 \times 1,0}{1,2} = 1,8 \text{ m}, \text{ donc } \lambda' = \frac{1,8}{5} = 0,35 \text{ m}$$

$$3.2. \quad \lambda_0 = v_{\text{son}} \times T_0 = \frac{v_{\text{son}}}{f_0}$$

$$\text{Donc } v_{\text{son}} = \lambda_0 \times f_0 = 0,43 \times 8,1 \times 10^2 = 3,5 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$$

Cette valeur est proche de celle de la célérité du son dans l'air à 20°C ($3,4 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$).
Le résultat obtenu semble donc cohérent.

3.3. $\lambda' = v_{\text{son}} \times T = \frac{v_{\text{son}}}{f'}$

Donc $f' = \frac{v_{\text{son}}}{\lambda'} = \frac{3,5 \times 10^2}{0,35} = 1,0 \times 10^3 \text{ Hz} = 1,0 \text{ kHz}$

$1,0 \times 10^3 \text{ Hz} > 8,1 \times 10^2 \text{ Hz}$

Quand l'hélicoptère se rapproche de l'émetteur, on obtient bien $f' > f_0$, conformément au résultat de la question 1.2.

$f' > f_0$, donc le son perçu est plus aigu que quand l'hélicoptère était immobile.

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

Or $T' = \frac{1}{f'}$ et $T_0 = \frac{1}{f_0}$, donc $\frac{1}{f'} = \frac{1}{f_0} \left(1 - \frac{v_s}{v_{\text{son}}} \right)$

On obtient : $1 - \frac{v_s}{v_{\text{son}}} = \frac{f_0}{f'}$

c'est-à-dire : $\frac{v_s}{v_{\text{son}}} = 1 - \frac{f_0}{f'}$

Finalement, $v_s = v_{\text{son}} \left(1 - \frac{f_0}{f'} \right) = 3,5 \times 10^2 \times \left(1 - \frac{8,1 \times 10^2}{1,0 \times 10^3} \right) = 68 \text{ m.s}^{-1}$

Convertissons ce résultat en km.h^{-1} .

$v_s = 68 \times 3,6 \text{ km.h}^{-1} = 2,4 \times 10^2 \text{ km.h}^{-1}$

Cette valeur paraît réaliste pour un hélicoptère.