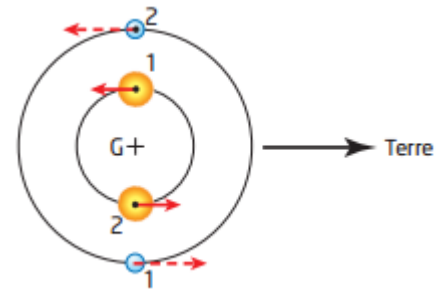


Correction des exercices du chapitre 17 p 399-411

Exercice 30 p 402

a. Nous pouvons affirmer que l'étoile a un mouvement dans la direction d'observation car la longueur d'onde de la raie α de l'hydrogène a une longueur d'onde qui varie au cours du temps. Cela provient du décalage Doppler provoqué par le mouvement. On peut même affirmer que l'étoile s'approche puis s'éloigne périodiquement puisque la longueur d'onde mesurée dans le spectre de l'étoile est tantôt plus grande, tantôt plus petite que celle mesurée au laboratoire.



b. Calculons le décalage Doppler en longueur d'onde quand l'étoile s'éloigne :

$$|\Delta\lambda| = 656,38 \text{ nm} - 656,28 \text{ nm} = 0,10 \text{ nm}.$$

$$\text{On en déduit : } v = c \times \frac{|\Delta\lambda|}{\lambda_{\alpha}} = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times \frac{0,10 \text{ nm}}{656,28 \text{ nm}}$$

$$v = 46 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 46 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Exercice 36 p 404

a. Si les deux raies ne sont pas superposées avec le même spectroscope, elles n'ont pas la même longueur d'onde. Il s'agit pourtant de la même raie α de l'hydrogène. Le décalage en longueur d'onde provient de l'effet Doppler : la vitesse de la galaxie a une composante non nulle dans la direction de visée.

b. La longueur d'onde de la raie α de l'hydrogène, mesurée dans le spectre de la galaxie, est plus grande que celle mesurée dans le laboratoire. Ce « décalage vers le rouge » correspond à une vitesse d'éloignement de la galaxie.

c. On calcule le décalage Doppler $|\Delta\lambda|$:

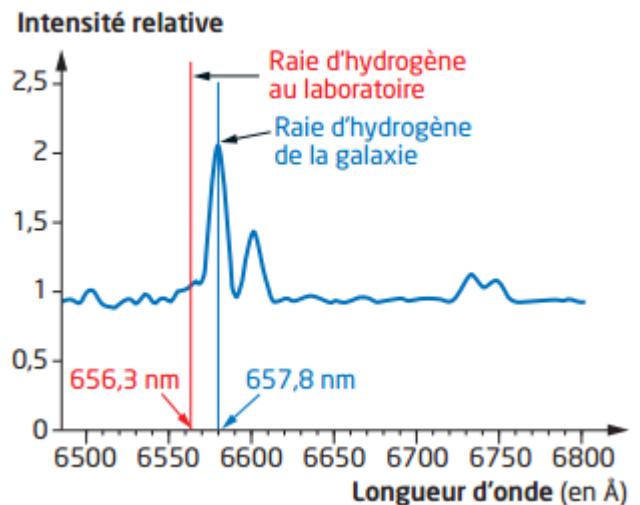
$$|\Delta\lambda| = 657,8 \text{ nm} - 656,3 \text{ nm} = 1,5 \text{ nm}.$$

On en déduit la vitesse de fuite de la galaxie :

$$\frac{v}{c} = \frac{|\Delta\lambda|}{\lambda_{\alpha}} \Rightarrow v = c \times \frac{|\Delta\lambda|}{\lambda_{\alpha}}$$

$$v = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times \frac{1,5 \text{ nm}}{656,3 \text{ nm}}$$

$$v = 6,86 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 686 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}.$$



Exercice 44 p 409

a. $v_G = \frac{v}{2 \cos \alpha} \frac{\Delta f}{f_E} = \frac{1540}{2 \cos 20} \times \frac{5,0 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 10^6} = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

b. Le sang étant incompressible, son débit est constant. En supposant que la veine a une section constante, la vitesse du sang dans la veine devrait donc être la même en tout point de la veine. Toutefois, la présence d'un obstacle réduit la section de la veine. En ce point, la vitesse du sang est alors plus importante, afin d'assurer un débit constant :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} \Rightarrow S_2 < S_1 \Leftrightarrow v_2 > v_1$$

La mesure de la vitesse du sang en plusieurs points d'une veine permet donc de détecter un obstacle comme une plaque d'athérome.

c. Si la veine ou l'artère choisies sont trop profonds, l'angle α ne pourra pas être suffisamment faible pour assurer une mesure fiable.

$$d. v_{G,30^\circ} = \frac{v}{2 \cos \alpha} \frac{\Delta f}{f_E} = \frac{1540}{2 \cos 30} \times \frac{5,0 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 10^6} = 1,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = v_{G,20^\circ}$$

Pour des angles faibles, l'écart sur la mesure de vitesse par Doppler est négligeable.

Exercice 47 p 409

- **Détermination de la vitesse de propagation du son :**

On se trouve en haute Montagne, au mois de juillet. Une température moyenne de 20°C semble donc être une bonne estimation.

On a donc $v_{\text{son}} = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

- **Détermination de la fréquence du son émis par le cor :**

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2L} = \frac{343}{2 \times 3,4} = 50 \text{ Hz}$$

- **Détermination de la distance entre le point A et Haute-Nendaz :**

Sur la carte, on mesure une distance de 7,6 cm.

Or 1,7 cm correspondent à 2 km. On peut donc estimer la distance entre les deux points :

$$d = \frac{7,6 \times 2}{1,7} = 8,9 \text{ km}.$$

- **Détermination du niveau sonore perçu à Haute-Nendaz :**

$$L_{HN} = 10 \log \left(\frac{I_{HN}}{I_0} \right)$$

$$\text{Or } I_{HN} = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{I_{1m} \times 4\pi d_{1m}^2}{4\pi d^2} = I_{1m} \frac{d_{1m}^2}{d^2}$$

$$\Rightarrow L_{HN} = 10 \log \left(\frac{I_{1m} \frac{d_{1m}^2}{d^2}}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{I_{1m}}{I_0} \frac{d_{1m}^2}{d^2} \right)$$

$$\frac{I_{1m}}{I_0} = 10^{\frac{L_{1m}}{10}} \Rightarrow L_{HN} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{1m}}{10}} \frac{d_{1m}^2}{d^2} \right) = L_{1m} + 20 \log \left(\frac{d_{1m}}{d} \right)$$

$$\Rightarrow L_{HN} = 100 + 20 \log \left(\frac{1}{8,9 \cdot 10^3} \right) = 100 - 20 \log(8,9 \cdot 10^3) = 21 \text{ dB}$$

- **Conclusion :**

Le son perçu à Haute-Nendaz a un niveau sonore de 21 dB et une fréquence de 50 Hz.

D'après la courbe donnant le seuil d'audibilité humaine en fonction de la fréquence, pour qu'un son de fréquence 50 Hz soit perçu par l'oreille humaine, il faut qu'il ait un niveau sonore supérieur à 44 dB.

Le son émis au point A par le cor n'est donc a priori pas audible à Haute-Nendaz.

Toutefois, on peut remarquer que l'harmonique de rang 3 (150 Hz) pourrait être entendue, faiblement. Par ailleurs, on peut discuter l'hypothèse de travail qui considère le rayonnement du cor isotrope, ce qui n'est pas nécessairement juste. Dans ce cas, on pourrait avoir un niveau sonore plus important face au cor, et on pourrait donc peut-être l'entendre.

Exercice 48 p 410

1. a. Les deux figures sont réalisées à l'échelle 1/100 : 1,0 cm sur le schéma représente 1,0 m.

Sur la figure 1, les deux fronts de l'onde les plus éloignés sont distants de 2,2 cm soit 2,2 m dans la réalité.

On en déduit : $5\lambda_0 = 2,2 \text{ m}$, soit $\lambda_0 = 0,44 \text{ m}$

Sur la figure 2, les deux fronts de l'onde les plus éloignés sont distants de 1,85 cm soit 1,85 m dans la réalité.

On en déduit : $5\lambda' = 1,85 \text{ m}$, soit $\lambda' = 0,37 \text{ m}$

b. À partir de la figure 1, la fréquence de l'onde émise par l'hélicoptère étant $f_0 = 8,0 \times 10^2 \text{ Hz}$, on en déduit :

$$v = \lambda_0 \cdot f_0 = 0,44 \times 8,0 \times 10^2 = 3,5 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Compte-tenu de la faible précision de nos mesures, ce résultat est convenable.

2. a. À partir de la figure 2, la célérité des ondes sonores étant connue maintenant, nous pouvons calculer la fréquence f' de l'onde sonore reçue par l'observateur.

$$f' = v/\lambda' = 3,5 \times 10^2 / 0,37 = 9,5 \times 10^2 \text{ Hz}$$

b. La fréquence de l'onde reçue étant plus grande que celle de l'onde émise, on peut affirmer que le son reçu par l'observateur est plus aigu que celui qu'entend le pilote.

3. a. La durée qui sépare les deux dates t et t' correspond à la période T de l'onde sonore.

b. Lorsque l'hélicoptère est immobile, la distance qui sépare les deux trains d'onde F et G est égale à λ_0 . Et $\lambda_0 = vT$.

Quand l'hélicoptère est en mouvement, les trains d'ondes sont plus serrés car pendant la durée T , la source a avancé d'une longueur $D = v_s \cdot T$.

Les trains d'onde qui se propagent à la même célérité sont donc rapprochés de $v_s \cdot T$.

On a donc $\lambda' = \lambda_0 - D = \lambda_0 - v_s \cdot T$.

$$\text{Avec } \lambda_0 = vT : \lambda' = \lambda_0 - \frac{v_s \times \lambda_0}{v} \Rightarrow \lambda_0 - \lambda' = \lambda_0 \times \frac{v_s}{v}.$$

Autre démonstration :

Soient t_r et t'_r les dates auxquels l'observateur reçoit les fronts d'onde émis respectivement aux dates t et t' . Soit D la distance qui sépare l'observateur de l'hélicoptère à l'instant t .

$$t_r = t + \frac{D}{v}$$

Entre l'instant t et l'instant t' , c'est-à-dire pendant la durée $T = t' - t$, l'hélicoptère se rapproche de l'observateur. On a donc $t'_r = t' + \frac{D - v_s T}{v}$

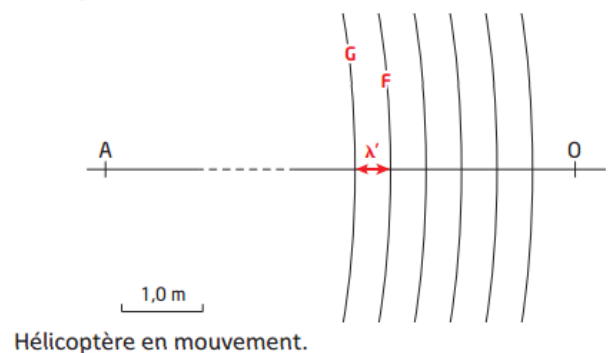
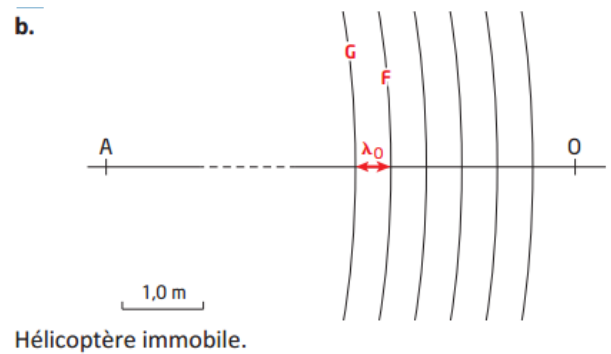
$$\Rightarrow T_r = t'_r - t_r = \left(t' + \frac{D - v_s T}{v} \right) - \left(t + \frac{D}{v} \right) = T \left(1 - \frac{v_s}{v} \right)$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda' = v T_r \\ \lambda_0 = v T \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda' = \lambda_0 \left(1 - \frac{v_s}{v} \right) \Rightarrow \lambda_0 - \lambda' = \lambda_0 \frac{v_s}{v}$$

c. De la relation précédente, on peut extraire v_s :

$$v_s = v \times \frac{(\lambda_0 - \lambda')}{\lambda_0}$$

AN : $v_s = 56 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ou $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.



4. a. Puisque la source est isotrope et que l'atténuation par absorption est négligée, on peut écrire le niveau d'intensité sonore sous la forme :

$$L = 10 \log \left(\frac{\mathcal{P}}{4\pi d^2 I_0} \right)$$

avec $L = 66$ dB et $d = 300$ m.

Appelons L' le niveau d'intensité sonore lorsque l'hélicoptère est à la distance $d' = 50$ m :

$$L' = 10 \log \left(\frac{\mathcal{P}}{4\pi d'^2 I_0} \right).$$

Utilisons les propriétés de la fonction logarithme décimal :

$$L' = 10 \log \left(\frac{\mathcal{P}}{4\pi d'^2 I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{\mathcal{P}}{4\pi d^2 I_0} \right) + 10 \log \left(\frac{d^2}{d'^2} \right)$$

$$L' = L + 20 \log \left(\frac{d}{d'} \right).$$

AN : $L' = 82$ dB

b. Il s'agit de l'atténuation géométrique qui augmente avec la distance qui sépare la source du récepteur.