

Correction des exercices 21-25-26-28-29-32 p. 79-83

Exercice n°21

1. a. Dans notre cas, l'émetteur d'ondes ultrasonores et le récepteur sont fixes.
- b. Il s'agit du phénomène de réflexion des ondes ultrasonores.
- c. La mesure est faite lorsque le véhicule s'approche.
- d. La fréquence f_R de l'onde reçue sera supérieure à la fréquence f_E de l'onde émise.
2. D'après le spectre en fréquences, $f_R = 40,280$ kHz et $f_E = 40,000$ kHz.
3. On effectue une analyse dimensionnelle des relations suivantes :

On sait que : $[f] = T^{-1}$

$$A : [f_E] = \left[f_R \times \left(2V - \frac{V}{V_S} \right) \right] = T^{-1} \times L \times T^{-1} = L \times T^{-2}$$

Cette relation ne convient pas car l'expression de f_E n'est pas homogène à l'inverse d'une durée.

$$B : [f_R] = \left[V \times \left(f_E - \frac{2V}{V_S} \right) \right] = L \times T^{-1} \times (T^{-1}) = L \times T^{-2}$$

Par un raisonnement analogue, l'expression B ne convient pas.

$$C : [f_E] = \left[f_R \times \left(1 - \frac{2V}{V_S} \right) \right] = T^{-1}$$

$$D : [f_E] = \left[f_R \times \left(\frac{2V}{V_S} + 1 \right) \right] = T^{-1} ;$$

Les relations C et D conviennent car f_E est homogène à l'inverse d'une durée.

La relation C est la relation correcte car dans cette expression f_R est supérieure à f_E , ce qui est conforme aux observations (spectre en fréquences).

- b. Deux signaux consécutifs sont reçus avec un intervalle de temps T_R tel que :

$$T_R = t_2 - t_1 = T_E + \frac{2(d - V \cdot T_E)}{V_S} - \frac{2d}{V_S} = T_E - \frac{2V \cdot T_E}{V_S}$$

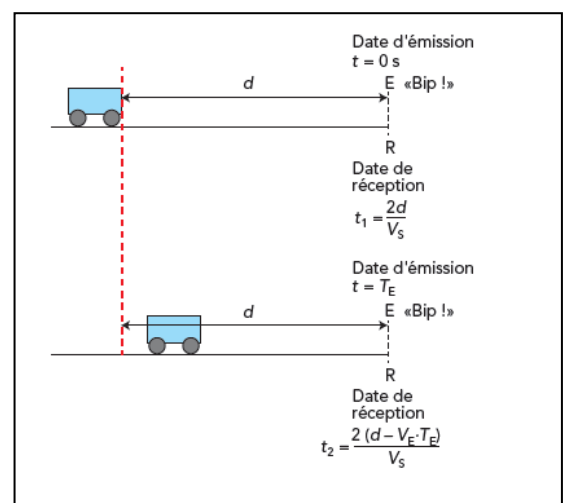
$$T_R = T_E \cdot \left(1 - \frac{2V}{V_S} \right)$$

$$\frac{T_R}{T_E} = \frac{f_E}{f_R} = \left(1 - \frac{2V}{V_S} \right), \text{ soit } f_E = f_R \cdot \left(1 - \frac{2V}{V_S} \right)$$

Le nombre 2 vient du fait que la mesure se fait par réflexion.

- c. D'après la relation précédente : $f_E = f_R \times \left(1 - \frac{2V}{V_S} \right)$

$$\text{Ainsi : } V = \frac{V_S}{2} \times \left(1 - \frac{f_E}{f_R} \right) = \frac{340}{2} \times \left(1 - \frac{40000}{40280} \right) = 1,18 \text{ m.s}^{-1}.$$



- 4a. La vitesse ayant une valeur constante, il suffit de déterminer la pente de la droite $x = f(\text{temps})$.

On choisit de deux points de la droite de coordonnées : (2,89 ; 0) et (3,11 ; 0,24).

$$V = \frac{x_A - x_B}{t_A - t_B} = \frac{0,24 - 0}{3,11 - 2,89} = 1,1 \text{ m.s}^{-1}$$

b. Calcul de l'erreur relative en pourcentage :

$$\left| \frac{V_{théorique} - V_{expérimental}}{V_{théorique}} \right| = \left| \frac{1,18 - 1,0}{1,18} \right| \times 100 = 6,7\%$$

Aux imprécisions de mesure près, les deux valeurs coïncident.

Exercice n°25

1. Pour déterminer les valeurs de longueur d'onde, on définit une échelle

Sur le graphique : 12,8 cm représentent 2800 Å par conséquent : 1 cm sur le schéma représente 218,8 Å.

$\lambda_{0\beta}$ représente 3,3 cm sur le schéma, soit : $\lambda_{0\beta} = 3,3 \times 218,8 + 4700 = 5422 \text{ Å}$

$\lambda_{0\alpha}$ représente 12,1 cm sur le schéma, soit : $\lambda_{0\alpha} = 12,1 \times 218,8 + 4700 = 7347 \text{ Å}$

2. Déterminons la valeur de la vitesse radiale

$$V_{\alpha} = 299792 \times \frac{\lambda_0 - \lambda_r}{\lambda_r} = 299792 \times \frac{7347 - 6563}{6563} = 3,581.10^4 \text{ km.s}^{-1}$$

De même :

$$V_{\beta} = 299792 \times \frac{\lambda_0 - \lambda_r}{\lambda_r} = 299792 \times \frac{5422 - 5007}{5007} = 2,593.10^4 \text{ km.s}^{-1}$$

On obtient une vitesse moyenne de : **$V = 3,087.10^4 \text{ km.s}^{-1}$** .

3. La vitesse radiale étant positive, cette galaxie s'éloigne de la Terre (ce qui confirme l'expansion de l'Univers).

Exercice n°26

1. a. Il s'agit de l'effet Doppler.

b. Les musiciens entendent un La#, d'après le tableau : $f_R = f_{La \text{ dièse}} = 466 \text{ Hz}$

2. La fréquence du son émis par les musiciens dans le train est de $f_E = f_{La3} = 440 \text{ Hz}$.

$$\text{Ainsi : } V_{\text{train}} = V_S \cdot \left(1 - \frac{f_E}{f_R}\right) = 340 \times \left(1 - \frac{440}{466}\right) = 19,0 \text{ m.s}^{-1}$$

Le train se déplace à la vitesse de 19,0 m.s⁻¹, soit V = 68,3 km.h⁻¹.

Exercice n°28

1. D'après la relation : $t_1 = d/V$

2a. Pendant une durée T_E , l'émetteur parcourt la distance : $d_E = V_E \times T_E$

b. La distance émetteur-récepteur devient : $d_2 = EB = d + V_E \times T_E$

c. Soit t' la durée nécessaire pour que l'onde créée parcoure la distance d_2 à la célérité V , donc $d_2 = V \times t'$.

Par ailleurs : $t_2 = t' + T_E$

$$\text{Par conséquent : } t_2 = (d_2/V) + T_E = \frac{d + V_E \times T_E}{V} + T_E$$

$$3. \text{ On a : } T_B = T_E + \frac{V_E \cdot T_E}{V} = T_E \cdot \left(1 + \frac{V_E}{V}\right) \quad \text{donc : } T_B = t_2 - t_1 = T_E + \frac{d + V_E \cdot T_E}{V} - \frac{d}{V}$$

T_B est la durée entre deux signaux consécutifs ; c'est la période de l'onde captée par le récepteur.

$$4a. \text{ Sachant que } f = 1/T, \text{ on obtient l'expression suivante : } \frac{T_B}{T_E} = \frac{f_E}{f_B} = \left(1 + \frac{V_E}{V}\right)$$

$$b. \text{ Soit : } V_E = V \cdot \left(\frac{f_E}{f_B} - 1\right)$$

Exercice n°29

1. f_E est la fréquence d'une radiation émise par la galaxie.

f_R est la fréquence de la radiation reçue sur Terre.

V_E est la vitesse radiale de la galaxie.

V est la vitesse de la lumière.

2. Si l'émetteur s'éloigne, $f_E/f_R > 1$, la fréquence perçue est inférieure à celle émise.

Si l'émetteur se rapproche, $f_E/f_R < 1$, la fréquence perçue est supérieure à celle émise.

3. La mesure dans le spectre d'émission de la galaxie de la longueur d'onde de la radiation d'un élément connu, par exemple l'hydrogène, permet en la comparant à la longueur d'onde de la radiation de ce même élément dans le spectre du Soleil de déterminer le mouvement de la galaxie.

La relation $\lambda = c/f$ permet d'écrire :

$$\frac{\lambda_R}{\lambda_E} = 1 + \frac{V_E}{V} \quad \text{ou} \quad \frac{\lambda_R}{\lambda_E} = 1 - \frac{V_E}{V}$$

Si $\frac{\lambda_R}{\lambda_E} > 1$, la galaxie s'éloigne de la Terre.

Si $\frac{\lambda_R}{\lambda_E} < 1$, la galaxie s'approche de la Terre.

4. Si les galaxies s'éloignent les unes des autres, elles doivent initialement provenir d'un même point.

L'effet Doppler-Fizeau est en accord avec le Big Bang.

Exercice n°32

1. Ils correspondent aux pics d'absorption des différents éléments présents dans l'atmosphère de l'étoile.

$\lambda = 4\,344,9 \text{ \AA}$ (en définissant une échelle)

3. On applique la relation :

$$v = 3,00 \times 10^8 \times \frac{4\,344,9 - 4\,340,47}{4\,340,47}$$

D'où : $v = 3,06 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 306 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

4. a. On observe un *redshift*, décalage vers le rouge.

b. L'étoile s'éloigne de la Terre puis que sa célérité est positive.