Partie 1 Expérience historique de l'effet Doppler

1. Train immobile

1.1. La durée vaut $\tau = d/c$; A.N. : $\tau = 150/340 = 0{,}441$ s (avec 3 chiffres significatifs).

1.2. Le niveau sonore $L = 10\times\log(I/I_0)$ avec $I = 3\times I_1$ A.N.: $L = 10\times\log(\frac{3\times3{,}3\times10^4}{1\times10^{-12}}) = 89{,}9\approx90$ dB.

1.3. Ce son est complexe car le signal est périodique mais n'est pas sinusoïdale.

1.4. On mesure la durée pour 10 ms soit 8,5 cm puis on mesure pour 5 périodes la distance de 9,8 cm

Par un calcul de proportion : $5T = \frac{10\times9{,}8}{8{,}5} = 11{,}5$ ms d'où $T = 2{,}31$ ms $= 2{,}31\times10^{-3}$ s.

1.5. La valeur de la fréquence $f_E = 1/T$; A.N.: $f_E = \frac{1}{2{,}31\times10^{-3}}$ $f_E = 434$ Hz proche de 440 Hz.

1.6. Cette fréquence est la fréquence fondamentale de l'onde sonore (ou hauteur).

1.7. D'après le tableau, la note jouée par les musiciens est un La.

1.8. La longueur d'onde $\lambda = c \times T$; A.N. : $l = 340 \times 2{,}31\times10^{-3} = 0{,}7854$ m $\approx 78{,}5$ cm.

2. Train en mouvement rectiligne uniforme

2.1. La fréquence f_R de la note entendue par les observateurs correspond au premier pic

On mesure sur le document 2,35 cm pour 400 Hz et 2,7 cm pour f_R ; $f_R = \frac{2{,}7\times400}{2{,}35}$ $f_R = 460$ Hz.

Valeur proche de 466 Hz soit un La$^{\#}$

2.2. Les fréquences multiples entières de la fréquence f_R sont les harmoniques.

2.3. Le son perçu est plus aiguë car $f_R > f_E$.

2.4. Le phénomène à l'origine du décalage des fréquences entre l'onde émise et l'onde perçue est du au fait que les ondes parcourent une distance plus courte au fur et à mesure que l'émetteur se rapproche ; donc la longueur d'onde devient plus courte, ce qui revient à une fréquence plus élevée

(la célérité c restant constante avec $c = \lambda/f$).

2.5. Le rapport v/c n'a pas d'unité ($m.s^{-1}$ que divise $m.s^{-1}$), donc l'unité de f_R est la même que celle de f_E soit des hertz.

2.6.

On a $1 + \frac{v}{c} = \frac{f_R}{f_E}$ soit $\frac{v}{c} = \frac{f_R}{f_E} - 1$ d'où $v = c(\frac{f_R}{f_E} - 1)$; $v = 340 \times (\frac{466}{440} - 1) = 20{,}1$ $m.s^{-1}$.

La vitesse de déplacement du train vaut $v = 20{,}1$ $m.s^{-1}$.

2.7. Les applications de l'effet Doppler (Fizeau) sont la mesure de la vitesse des véhicules par les radars, de la vitesse de l'écoulement du sang dans les vaisseaux sanguins par échographie, de la vitesse d'éloignement des étoiles en astrophysique...

Partie 2 La lumière, une onde

1. Diffraction de la lumière

1.1. Expérience de Fresnel

1.1.1 La lumière blanche du Soleil est polychromatique, constituée d'une infinité de radiations de longueurs d'onde différentes

1.2. Mesure de longueur d'onde par diffraction

1.2.1 D'après la figure 2, $\tan\theta = \frac{L/2}{D}$ soit avec $\theta \approx \frac{L}{2D}$ avec l'approximation proposée.

1.2.2 La relation est $\theta = \lambda / a$ avec θ en radian, λ et a en mètres

1.2.3 La courbe obtenue est une droite qui passe par l'origine donc θ et 1/a sont des grandeurs proportionnelles ; on peut écrire : $\theta = k \times 1/a$ ce qui est en accord avec la relation précédente $\theta = \lambda / a = \lambda \times 1/a$

1.2.4 Le coefficient directeur k de la droite est égal à la longueur d'onde.

1.2.5

Calcul approché du coefficient directeur : soit M un point sur la droite M de coordonnées (50×10^3 m^{-1} ; 28×10^{-3} rad) ; $k = \frac{28.10^{-3}}{50.10^3} = 5{,}6 \times 10^{-7}$ m $= 560 \times 10^{-9}$ m

donc la longueur d'onde de la lumière est $\lambda = 560$ nm

2. Mesure de longueur d'onde par interférences

2.1.

La largeur donnée est pour six interfranges : $6i = 25$ mm ce qui donne $i = \frac{25}{6} = 4{,}2$ mm

La longueur d'onde s'en déduit : $i = \frac{\lambda D}{b}$ soit $\lambda = \frac{ib}{D} = \frac{4{,}2.10^{-3} \times 4{,}0.10^{-4}}{3{,}0} = 5{,}6 \times 10^{-7}$ m

$\lambda = 560$ nm.

2.2. La valeur de la longueur d'onde λ est identique avec celle trouvée à la question 1.2.5 . Cette longueur d'onde est bien celle du vert.

2.3. Mesurer plusieurs interfranges permet d'augmenter la précision