Corrigé et barème – Ondes : intensité sonore, atténuation et effet Doppler

Intensité sonore et niveau d'intensité sonore $\mathrm{L} = 10\log(\mathrm{I}/\mathrm{I}_0)$; addition des intensités de plusieurs sources ; atténuation en décibels, atténuation géométrique d'une source ponctuelle et atténuation par absorption ; effet Doppler, établissement et exploitation du décalage Doppler pour mesurer une vitesse, en acoustique et pour la lumière.

Durée : 120 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Spe-physique-chimie Terminale

Exercice 1 – Les machines d'un fablab ★★ *(4 pts)*

a) $I_1 = I_0 \times 10^{L/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{6{,}1} \approx \mathbf{1{,}26 \times 10^{-6}\ W\cdot m^{-2}}$ (1 pt). (1)

b) L'intensité est triplée : $L = 61 + 10\log 3 \approx \mathbf{65{,}8\ dB}$ (1 pt). (1)

c) $L = 10\log\left(\dfrac{8{,}0\times10^{-6}}{1{,}0\times10^{-12}}\right) \approx \mathbf{69{,}0\ dB}$ (0,5 pt). Les intensités s'additionnent : $3 \times 1{,}26 \times 10^{-6} + 8{,}0 \times 10^{-6} \approx 1{,}18 \times 10^{-5}$ W·m^{-2}, soit **70,7 dB** (0,5 pt). (1)

d) Il a additionné les niveaux, $3 \times 61 = 183$ dB : les décibels ne s'additionnent pas, ce sont les intensités qui s'ajoutent (0,5 pt). Tripler l'intensité n'ajoute que $10\log 3 \approx 4{,}8$ dB ; 183 dB dépasserait de loin le seuil de douleur (0,5 pt). (1)

Erreur fréquente — Additionner des décibels : on passe toujours par les intensités, puis on revient au niveau.

Exercice 2 – Une enceinte isotrope ★★ *(4 pts)*

a) $I = \dfrac{P}{4\pi d^2} = \dfrac{0{,}50}{4\pi \times 4{,}0^2} \approx \mathbf{2{,}49 \times 10^{-3}\ W\cdot m^{-2}}$ (1 pt). (1)

b) $L = 10\log\left(\dfrac{2{,}49\times10^{-3}}{1{,}0\times10^{-12}}\right) \approx \mathbf{94{,}0\ dB}$ (1 pt). (1)

c) $I\prime = I_0 \times 10^{8{,}4} \approx 2{,}51 \times 10^{-4}$ W·m^{-2} (0,5 pt) ; $d\prime = \sqrt{\dfrac{P}{4\pi I\prime}} \approx \mathbf{12{,}6\ m}$ (0,5 pt). (1)

d) Pour retrouver la même intensité, $\dfrac{2P}{4\pi d''^2} = \dfrac{P}{4\pi d\prime^2}$, donc $d'' = \sqrt{2}\,d\prime$ (0,5 pt) $\approx \mathbf{17{,}8\ m}$, et non le double de $d\prime$ (0,5 pt). (1)

Erreur fréquente — L'intensité varie comme $1/\mathrm{d}^2$: doubler la puissance ne fait gagner qu'un facteur $\sqrt{2}$ sur la distance.

Exercice 3 – Isoler une salle de répétition ★★ *(4 pts)*

a) $96 - 22 = \mathbf{74\ dB}$ à 125 Hz (0,5 pt) et $96 - 41 = \mathbf{55\ dB}$ à 1 000 Hz (0,5 pt). (1)

b) $10^{41/10} = 10^{4{,}1} \approx \mathbf{1{,}3 \times 10^{4}}$ (1 pt). (1)

c) $74 - 12 = \mathbf{62\ dB}$ et $55 - 12 = \mathbf{43\ dB}$ (0,5 pt). Les atténuations s'ajoutent : $22 + 12 = 34$ dB, soit une intensité divisée par $10^{3{,}4} \approx \mathbf{2{,}5 \times 10^{3}}$ (0,5 pt). (1)

d) Le mur atténue beaucoup moins les graves (22 dB) que les aigus (41 dB) : côté rue, les sons de 125 Hz dépassent ceux de 1 000 Hz de 19 dB (0,5 pt). La distance à la source ne change pas : ce n'est pas une atténuation géométrique ; l'énergie qui ne traverse pas est en partie renvoyée vers la salle par réflexion, en partie **absorbée** par le mur et convertie en énergie thermique (0,5 pt). (1)

Erreur fréquente — Une atténuation se retire du niveau ; ce sont les intensités qui sont divisées, par 10^(A/10).

Exercice 4 – Établir et exploiter le décalage Doppler ★★★ *(4 pts)*

a) Pendant T_E, la première crête parcourt $v\,T_E$ et la voiture avance de $v_E\,T_E$: deux crêtes successives sont séparées de $\lambda_R = (v - v_E)\,T_E$ (0,5 pt). Elles se propagent à v, donc $f_R = \dfrac{v}{\lambda_R} = \dfrac{v}{(v - v_E)\,T_E} = f_E\,\dfrac{v}{v - v_E}$ (0,5 pt). (1)

b) $f_R = 800 \times \dfrac{340}{335} \approx \mathbf{811{,}9\ Hz}$ (1 pt). (1)

c) En éloignement, $f_R = f_E\,\dfrac{v}{v + v_E}$, d'où $v_E = v\,\dfrac{f_E - f_R}{f_R}$ (0,5 pt) $= 340 \times \dfrac{10{,}0}{790{,}0} \approx \mathbf{4{,}30\ m\cdot s^{-1}}$ (0,5 pt). (1)

d) Exact : $\Delta f \approx 11{,}94$ Hz ; approché : $800 \times \dfrac{5{,}0}{340} \approx 11{,}76$ Hz (0,5 pt). Écart relatif $\approx \mathbf{1{,}5\ \%}$: à cette vitesse, très petite devant v, l'approximation est justifiée (0,5 pt). (1)

Erreur fréquente — Se tromper de signe : un émetteur qui se rapproche donne v − v_E au dénominateur et un son plus aigu.

Exercice 5 – Une exoplanète trahie par son étoile ★★★ *(4 pts)*

a) $|\Delta\lambda| \approx \lambda_E\,\dfrac{v}{c} = 500{,}000 \times \dfrac{57}{3{,}00 \times 10^{8}} \approx \mathbf{9{,}5 \times 10^{-5}\ nm}$ (1 pt). (1)

b) $\dfrac{|\Delta\lambda|}{\lambda_E} = \dfrac{v}{c} \approx \mathbf{1{,}9 \times 10^{-7}}$ (0,5 pt) : il faut repérer la position d'une raie à moins d'un dix-millième de nanomètre, d'où des spectrographes extrêmement stables (0,5 pt). (1)

c) $\Delta\lambda = +6 \times 10^{-5}$ nm > 0 : décalage vers le rouge, l'étoile **s'éloigne** (0,5 pt). $v \approx c\,\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda_E} = 3{,}00 \times 10^{8} \times \dfrac{6 \times 10^{-5}}{500{,}000} \approx \mathbf{36\ m\cdot s^{-1}}$ (0,5 pt). (1)

d) La vitesse radiale varie avec la période du mouvement : **4,23 jours** séparent deux rapprochements les plus rapides (0,5 pt). La planète, trop peu lumineuse, n'est pas vue : c'est le mouvement périodique de l'étoile, révélé par l'effet Doppler sur la lumière de l'étoile, qui trahit sa présence (0,5 pt). (1)

Erreur fréquente — Inverser le sens : une raie décalée vers les grandes longueurs d'onde signale une source qui s'éloigne.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).