Devoir surveillé – Ondes : intensité sonore, atténuation et effet Doppler

Intensité sonore et niveau d'intensité sonore $L = 10\log(I/I_0)$; 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

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

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

Dans un fablab, trois imprimantes 3D identiques produisent chacune un niveau d'intensité sonore de 61 dB au poste d'un utilisateur. On donne $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W·m^{-2}.

a) Calculer l'intensité sonore due à une seule imprimante au poste de l'utilisateur.

b) Calculer le niveau d'intensité sonore lorsque les trois imprimantes fonctionnent ensemble.

c) Une découpeuse laser produit seule, au même poste, une intensité sonore de $8{,}0 \times 10^{-6}$ W·m^{-2}. Calculer son niveau d'intensité sonore, puis le niveau total quand elle fonctionne avec les trois imprimantes.

d) Un élève affirme que les trois imprimantes produisent ensemble 183 dB. Expliquer son erreur.

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

Une enceinte, assimilée à une source ponctuelle isotrope, rayonne une puissance sonore $P = 0{,}50$ W. On néglige l'absorption et les réflexions ; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W·m^{-2}.

a) Calculer l'intensité sonore reçue à 4,0 m de l'enceinte.

b) En déduire le niveau d'intensité sonore en ce point.

c) Déterminer la distance à laquelle le niveau d'intensité sonore n'est plus que de 84 dB.

d) On remplace l'enceinte par une enceinte deux fois plus puissante. Déterminer la distance à laquelle on retrouve 84 dB.

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

Dans une salle de répétition, près du mur donnant sur la rue, le niveau vaut 96 dB pour les sons de 125 Hz comme pour ceux de 1 000 Hz. Le mur apporte une atténuation de 22 dB à 125 Hz et de 41 dB à 1 000 Hz.

a) Calculer le niveau d'intensité sonore juste derrière le mur, côté rue, pour chacune des deux fréquences.

b) Calculer le facteur par lequel le mur divise l'intensité sonore à 1 000 Hz.

c) Les musiciens ajoutent contre le mur un doublage qui apporte 12 dB d'atténuation supplémentaire aux deux fréquences. Donner les nouveaux niveaux côté rue, puis le facteur total de division de l'intensité à 125 Hz.

d) Un passant affirme que, depuis la rue, « on n'entend que la basse ». Justifier cette remarque à l'aide des données. L'atténuation apportée par le mur est-elle géométrique ? Que devient l'énergie sonore qui ne le traverse pas ?

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

À basse vitesse, une voiture électrique émet un son d'avertissement de fréquence $f_E = 800$ Hz, de période T_E. Un micro fixe est placé au bord d'une rue rectiligne ; la célérité du son vaut $v = 340\ \text{m·s}^{-1}$.

a) La voiture se rapproche du micro à la vitesse v_E. En considérant deux crêtes émises à une période d'intervalle, établir que la fréquence reçue vaut $f_R = f_E\,\dfrac{v}{v - v_E}$.

b) Calculer la fréquence reçue quand la voiture se rapproche à $v_E = 5{,}0\ \text{m·s}^{-1}$.

c) Plus tard, la voiture s'éloigne du micro, qui reçoit 790,0 Hz. Calculer sa vitesse.

d) Pour la situation de la question 2, comparer le décalage exact au décalage approché $f_E\,\dfrac{v_E}{v}$ (écart relatif), et conclure sur l'usage de l'approximation.

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

En 1995, Michel Mayor et Didier Queloz ont annoncé la découverte de 51 Pegasi b, première exoplanète détectée autour d'une étoile semblable au Soleil. Attirée par sa planète, l'étoile 51 Pegasi décrit elle-même une petite orbite : elle se rapproche puis s'éloigne périodiquement de la Terre. Une fois retirés le mouvement de la Terre et le mouvement d'ensemble du système, sa vitesse radiale varie entre environ $-57\ \text{m·s}^{-1}$ (rapprochement) et $+57\ \text{m·s}^{-1}$ (éloignement), avec une période de 4,23 jours. On étudie une raie de son spectre de longueur d'onde $\lambda_E = 500{,}000$ nm au laboratoire (les longueurs d'onde mesurées sont corrigées des mêmes mouvements) ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m·s}^{-1}$.

a) Calculer le décalage maximal de cette raie, en nm.

b) Calculer le décalage relatif correspondant et commenter la précision qu'exige la mesure.

c) Un soir, la raie est mesurée à 500,000 06 nm. L'étoile se rapproche-t-elle ou s'éloigne-t-elle ? Calculer sa vitesse radiale ce soir-là.

d) Combien de temps sépare deux instants où l'étoile se rapproche le plus vite de la Terre ? Expliquer pourquoi on peut détecter la planète sans la voir.

Bon courage !

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).