

# EXERCICES

## Chapitre 11 – Sons et effet Doppler

### Exercice 1 Intensité sonore et niveau d'intensité sonore

- (1) Donner la formule définissant le niveau d'intensité sonore.
- (2) Peut-on ajouter des niveaux d'intensité sonore ? Pourquoi ?
- (3) Donner l'expression de l'intensité sonore  $I$  en fonction de  $I_0$  et  $L$ .
- (4) Calculer  $30 \text{ dB} + 60 \text{ dB}$ . Montrer que cela fait  $60.004 \text{ dB}$ .
- (5) Calculer  $30 \text{ dB} + 30 \text{ dB}$ .
- (6) Calculer  $60 \text{ dB} + 60 \text{ dB}$ .
- (7) Montrer que doubler l'intensité sonore revient à gagner  $3 \text{ dB}$ .

### Exercice 2 Atténuation géométrique

Une enceinte a une puissance de  $55 \text{ W}$ . On suppose que l'énergie sonore est répartie de manière uniforme dans toutes les directions.

L'atténuation géométrique  $A$  est l'atténuation (en dB) due au fait que l'énergie sonore se répartie sur la sphère de rayon  $r$  qui augmente avec la propagation de l'onde.

- (1) Quelle est l'intensité sonore  $I_1$  perçue à  $1.0 \text{ m}$  de l'enceinte ?
- (2) Déterminer le niveau d'intensité sonore  $L_1$  correspondant.
- (3) Quelle est l'intensité sonore  $I_2$  perçue à  $2.0 \text{ m}$  de l'enceinte ?
- (4) Déterminer le niveau d'intensité sonore  $L_2$  correspondant.
- (5) Comment varie l'intensité sonore  $I$  en fonction de la distance  $r$  à la source ?
- (6) Déterminer l'atténuation géométrique entre  $1.0$  et  $2.0 \text{ m}$ .
- (7) Déterminer l'atténuation géométrique entre  $r_0 = 1.0 \text{ m}$  et la distance  $r$ .
- (8) En vous aidant de l'entête de ce chapitre, à quelle distance de l'enceinte doit-on se trouver pour la percevoir au même niveau qu'une conversation normale ?

Rappel : la surface d'une sphère de rayon  $r$  est  $4\pi r^2$  et  $I_0 = 1.0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

### Exercice 3 Atténuation géométrique 2

Une corne de brume est utilisée sur les côtes maritimes pour prévenir d'un danger en cas de . . . brume ! On considère une corne de brume produisant un son dont le niveau d'intensité sonore est de  $120 \text{ dB}$  juste à la sortie de la corne. A  $60 \text{ m}$ , l'intensité sonore mesurée est de  $4.0 \times 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$ . On supposera les conditions météorologiques uniformes dans la zone d'étude.

Un habitant a construit une maison en paille à  $200 \text{ m}$  de la corne de brume. L'atténuation à la traversée du mur en paille est de  $50 \text{ dB}$  (on supposera que c'est le cas à toutes les fréquences).

- (1) Déterminer le niveau d'intensité sonore à  $60 \text{ m}$ .
- (2) En déduire l'atténuation géométrique à  $60 \text{ m}$ .
- (3) Peut-on supposer que l'atténuation par unité de longueur est uniforme dans la zone d'étude ?
- (4) Déterminer la puissance sonore  $P$  émise par la corne de brume.
- (5) Quel niveau d'intensité sonore est mesuré au niveau du mur extérieur de la maison en paille ?
- (6) Quel niveau d'intensité sonore est mesuré à l'intérieur de la maison en paille ?

Rappel : la surface d'une sphère de rayon  $r$  est  $4\pi r^2$  et  $I_0 = 1.0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

### Exercice 4 Effet Doppler

On montre dans cet exercice la formule du cours  $\lambda_r = \lambda_e - v_e T_e$  (relation 1) et on en déduit que  $\frac{\lambda_r}{\lambda_e} = 1 - \frac{v_e}{c}$  (relation 2) et  $\frac{f_r}{f_e} = \frac{c}{c - v_e}$  (relation 3).

- (1) Rappeler ce qu'est une onde.
- (2) Une onde progressive périodique couple l'espace et le temps : combien de temps met une onde pour avancer d'une longueur d'onde ?
- (3) On considère un émetteur avançant à une vitesse  $v_e$  vers la droite. Entre le moment où l'émetteur commence à émettre un motif de son onde et le moment où il émet la fin de son motif, quelle distance a été parcourue par l'émetteur ?
- (4) En déduire la relation 1.

(5) Pour une onde, quelle relation simple lie  $\lambda$ ,  $T$  et  $c$  la vitesse de l'onde. Appliquer cette formule pour l'émetteur et le récepteur.

(6) Dédurre de ce qui précède la relation 2, puis la relation 3.

### **Exercice 5** Effet Doppler

On observe le spectre lumineux d'une étoile. Ce spectre est la superposition d'un rayonnement de type corps noir (émission à toutes les longueurs d'onde) et de raies d'absorption (dues soit à l'atmosphère de l'étoile, soit aux nuages de gaz que traverse la lumière de l'étoile sur son trajet). On observe, pour une raie d'absorption donnée de l'étoile, une longueur d'onde de 512.743 nm. Si on observe la même raie d'absorption pour le Soleil, on trouve une longueur d'onde de 512.265 nm.

Quelle est la vitesse de l'étoile (en  $\text{km.s}^{-1}$ ) ? Se rapproche-t-elle de nous ?

### **Exercice 6** Effet Doppler juridique

Un motard se fait flasher pour être passé au rouge à un feu rouge. Il écrit au juge qu'à cause de sa vitesse, il a vu le feu vert ( $\lambda = 500$  nm) alors qu'il était rouge ( $\lambda = 750$  nm) et demande donc, à cause de l'effet Doppler, que sa contravention soit supprimée. Rédiger la réponse d'un juge scientifique.

### **Exercice 7** Contrôle radar

On considère un radar qui flashe par devant un véhicule s'approchant à la vitesse  $v$ .

Le spectre des signaux émis et reçus contient deux pics : un à 40.000 kHz et un à 40.280 kHz.

(1) Le signal émis est-il une onde sinusoïdale ?

(2) On note  $f_e$  la fréquence du signal émis et  $f_r$  la fréquence du signal reçu. Comparer  $f_e$  et  $f_r$ . En déduire leur valeur.

(3) Le radar utilise-t-il des ondes sonores (ultrasonores) ou lumineuses ?

(4) Déterminer, parmi les propositions suivantes, celle qui donne une vitesse de la voiture  $v$ , mesurée par rapport au sol, inférieure à la vitesse  $c$  de l'onde.

$$\text{a) } f_r = f_e \left( 2v + \frac{v}{c} \right) \quad \text{b) } f_r = v \left( f_e - \frac{2v}{c} \right) \quad \text{c) } f_r = f_e \left( \frac{2v}{c} - 1 \right) \quad \text{d) } f_r = f_e \left( \frac{2v}{c} + 1 \right)$$

(5) Sachant que la vitesse du son est  $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$ , calculer la vitesse  $v$  de la voiture. Le flash se déclenchera-t-il ?