

**Devoir n°3: sons et ultrasons**

Pour tous les exercices:

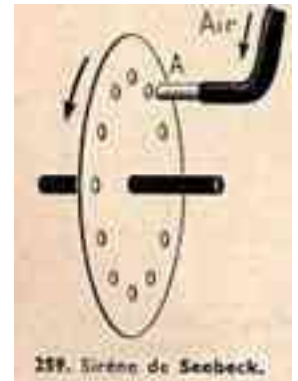
On rappelle la définition du niveau sonore:  $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ , avec L en dB et  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

On donne les célérités des sons et ultrasons suivantes:

dans l'air :  $c_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ ; dans l'eau :  $c_{\text{eau}} = 1,5 \text{ km.s}^{-1}$ .

**Exercice 1: sirène de Seebeck (5 points)**

Cette sirène consiste en un simple disque percé de 20 trous régulièrement répartis sur sa périphérie (voir la figure ci-contre). Un dispositif mécanique lui communique une rotation de 3000 tours par minute. On envoie un jet d'air comprimé au niveau des trous, qui laissent évidemment passer l'air par impulsions. À ces impulsions correspondent des vibrations sonores.



1- **Calculez** la vitesse de rotation du disque en tours par seconde.

2- **Déterminez** la période avec laquelle le jet d'air voit défiler devant lui une succession trou-disque plein

3- **En déduire** la fréquence du son émis.

4- Ce son **est-il** audible ? **Justifiez**.

5- **Comment évolue** le son quand la vitesse de rotation du disque croît ?

**Exercice 2: repérage du son (4 points)**

Sur une côte maritime, un dispositif d'écoute est constitué de deux micros placés sur une même verticale, l'un dans l'eau, l'autre dans l'air.

Le bruit d'une explosion parvient aux deux récepteurs avec un décalage de 2,5 secondes.

1- **Quel micro** détecte le bruit en premier ? **Justifiez** votre réponse.

2- **Donnez** les expressions des instants  $t_{\text{eau}}$  et  $t_{\text{air}}$  où les micros détectent les bruits dus à la propagation du son sur une distance d aux célérités  $c_{\text{eau}}$  et  $c_{\text{air}}$ . On considère que l'explosion se produit à l'instant  $t=0$ .

3- **En déduire** l'expression de  $\Delta t$  en fonction de d,  $c_{\text{eau}}$  et  $c_{\text{air}}$ .

4- **A quelle distance** d de la côte s'est produite l'explosion ?

**Exercice 3: niveaux sonores (3 points)**

En un point de l'espace, on reçoit deux sons, l'un de niveau sonore 48 dB et l'autre de niveau sonore 57 dB.

1- **Pourquoi n'obtient-on pas** un son résultant de niveau sonore 105 dB ?

2- **Calculer** le niveau sonore résultant.

3- Ce niveau sonore **est-il** gênant selon vous ?

**Exercice 4: principe du radar (8 points)**

Considérons une source sonore, immobile, de fréquence f.

Considérons maintenant un objet s'approchant de la source sonore à la vitesse v.

Au même endroit que la source sonore, un récepteur sonore capte le son de la source sonore réfléchi par l'objet en mouvement.

On constate que la fréquence  $f'$  du son reçu a une fréquence différente du son émis  $f$ .

1. **De quel phénomène** s'agit-il ?

2. On remarque également que  $f'$  est supérieure à  $f$ . **Pourquoi** ?

Nous allons maintenant établir la relation mathématique liant  $f'$  et  $f$  :

On note  $T$  la période de la source sonore et  $T'$  la période du son reçu.

Considérons le son émis par la source à l'instant  $t = 0$ .

Le son se propage et atteint l'objet : on note  $d$  la distance qui sépare la source sonore et l'objet à ce moment,  $v$  la vitesse de l'objet et  $c$  la vitesse de propagation de l'onde ici.

3. **Quelle durée  $\tau$**  met le son émis à l'instant  $t = 0$  pour aller jusqu'à l'objet et revenir (**expliquez**) ?

4. **Quelle durée  $\tau'$**  met le son émis à l'instant  $t = T$  pour aller jusqu'à l'objet et revenir (**expliquez**) ?

5. **Quelle est** la relation entre  $\tau$ ,  $\tau'$ ,  $T$  et  $T'$  ?

6. **En déduire** que  $f' = \frac{f}{1 - \frac{2v}{c}}$ .

Un radar utilise une source d'onde électromagnétique du domaine des hyperfréquences :

$f = 10$  GHz. La vitesse de cette onde correspond à celle de la lumière :  $c = 3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>.

7- **Déterminez** la longueur d'onde d'une telle onde.

Le radar est dirigé vers un véhicule automobile. On mesure un décalage en fréquence de 2,5 kHz.

8. **En déduire** la vitesse du véhicule (en km/h).

9. Le véhicule **est-il** en infraction ? (limitation à 130 km/h ; incertitude sur la mesure de 7 km/h).