

■ **CONTRÔLE 1 (50 min ; 20 points)** ■

Exercice 1 (3 / 20) : Corne de brume

Un navire est perdu dans le brouillard à une distance x d'une côte.

Un signal sonore est émis de la côte, en direction du navire. Ce signal est alors transmis simultanément par l'air et par l'eau.

Sur le navire, on mesure l'intervalle de temps Δt qui s'écoule entre les deux réceptions du signal.

1. Etablir la relation donnant la distance x en fonction de la vitesse du son dans l'eau, de la vitesse du son dans l'air et de Δt .

2. *Application numérique* :
vitesse du son dans l'air : $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$
vitesse du son dans l'eau : $v_m = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.
 $\Delta t = 2 \text{ s}$

Exercice 2 (5 / 20) : Vitesse du son dans l'air

La célérité du son dans un gaz de masse volumique μ et à la pression p se calcule par la relation : $c = \sqrt{\frac{\gamma p}{\mu}}$.

1. Cette relation s'écrit également : $c = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M(\text{gaz})}}$ si on admet que le gaz se comporte comme un gaz parfait.

Expliquer le lien entre les deux relations.

2. a) Calculer la célérité du son, dans l'air, dans les conditions normales.

b) Comment varie la vitesse du son lorsque la température augmente ?

c) Comment varie la vitesse du son lorsque la masse volumique de l'air diminue mais sans variation de température (comme par exemple, dans un air humide) ?

3. a) A une altitude de 15000 m, la température de l'air est $\theta \cong -55^\circ\text{C}$ et la pression $p \cong 119 \text{ hPa}$.

Calculer, en km / h la vitesse du son, à cette altitude.

b) Quel est le nombre de Mach d'un avion volant, à cette altitude, à 1407 km / h ?

Données :
 $\gamma = 1,40$
 $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
 $M(\text{air sec}) \cong 29 \text{ g.mol}^{-1}$
 $M(\text{air humide}) < M(\text{air sec})$

Définition :

Le nombre de Mach (Ma) est un nombre caractéristique qui représente le quotient de la vitesse v d'un mobile aérien par la vitesse c du son dans les conditions de vol.

Exercice 3 (12 / 20) : Hauteur relative H_R (en savarts) (extrait du BTS Audiovisuel 2003)

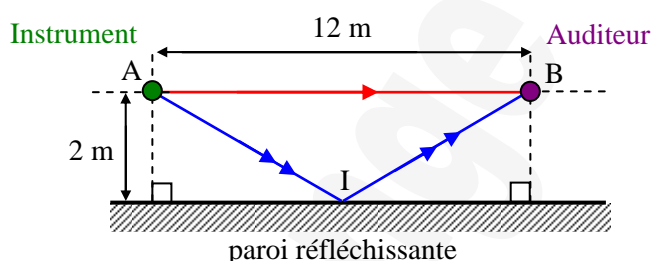
Rappel du cours :

Soient deux sons de fréquences f et f' . On appelle « intervalle musical » le rapport $\frac{f'}{f}$ (supérieur à 1) et « hauteur relative » la valeur de $1000 \log \frac{f'}{f}$.
Ainsi, l'intervalle d'une octave, définie par $f' = 2f$ correspond à une hauteur relative de $1000 \log 2 = 3000$ savarts.

Un instrument A et un auditeur B sont placés à proximité d'une paroi réfléchissante de telle sorte qu'en B parviennent deux ondes acoustiques :

- l'onde directe : \rightarrow
- et l'onde réfléchiée en I : \rightarrow

On admettra que la loi de Descartes sur la réflexion est transposable à l'acoustique.



Le schéma n'est pas à l'échelle

L'instrument constitue une source sonore omnidirectionnelle de fréquence variable f .

Lorsque l'instrument joue, l'auditeur a l'impression que certaines notes se trouvent renforcées et d'autres affaiblies.

1. Quel est le nom du phénomène physique à l'origine de cette impression ?
2. Calculer la valeur numérique de la distance $(AI + IB) - AB$, appelée « différence de marche » et notée δ .
3. Exprimer le déphasage $\Delta\phi$ entre les deux ondes au point B en fonction de f , δ et c (célérité).
4. Pour la célérité du son dans l'air, on prendra $c = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Montrer que les fréquences renforcées satisfont à la relation $f = 523,8 \times k$, exprimées en Hz (k entier positif).
5. La gamme chromatique est formée d'une suite de notes séparées par des tons (valant 50 savarts) et des demi-tons (valant 25 savarts).

gamme $n^\circ p$ ($p = 1, 2, 3, \dots$ en allant vers les aigus)

$$\begin{array}{cccccccc} \text{do}_p & \rightarrow & \text{ré}_p & \rightarrow & \text{mi}_p & \rightarrow & \text{fa}_p & \rightarrow & \text{sol}_p & \rightarrow & \text{la}_p & \rightarrow & \text{si}_p & \rightarrow & \text{do}_{p+1} \\ & & 1 \text{ ton} & & 1 \text{ ton} & & \frac{1}{2} \text{ ton} & & 1 \text{ ton} & & 1 \text{ ton} & & 1 \text{ ton} & & \frac{1}{2} \text{ ton} \end{array}$$

Si $p = 3$, le la_3 correspond à une fréquence de 440 Hz.

Donner les quatre premières notes correspondant aux fréquences renforcées trouvées à la question 4.