

Travaux dirigés de Physique

TD 3

Exercice 1 (suite de la feuille précédente)

Les qualités d'un son (durée, hauteur, timbre, intensité) peuvent être en partie évaluées à partir des notions de gamme et d'octave. Par définition, le doublement de fréquence d'un son correspond à la montée d'une octave (la gamme dite tempérée divise l'octave en 12 intervalles égaux appelés *demi-ton*). Les filtres passifs permettant de répartir les fréquences entre deux haut-parleurs ne procèdent pas d'une rupture brutale mais par une atténuation de plus en plus importante à partir de la fréquence de coupure (c.f. feuille d'exercices précédente). Le filtre le plus répandu permet une atténuation de 12 dB/octave.

- 1 Calculer le rapport d'intensité entre les fréquences de 300 Hz et 600 Hz pour un filtre dont la fréquence de coupure a été fixée à 300 Hz
- 2 En déduire, pour une excitation initiale identique avant le filtre, le rapport des amplitudes de vibration entre ces fréquences pour le haut-parleur reproduisant les basses fréquences.

Remarque

Il existe des filtres de pente 6dB/octave qui présentent l'avantage d'introduire un déphasage plus faible ($\pi/4$)

Exercice 2

On s'intéresse à l'effet de l'onde arrière émise par un haut-parleur installé sur une enceinte acoustique close (baffle infini) constituée de plaque de bois d'épaisseur $d = 2\text{cm}$. La profondeur intérieure de l'enceinte est de 50 cm. Pour que le système fonctionne correctement, il faut que cette onde arrière ne soit pas transmise dans le milieu extérieur à l'enceinte.

On donne les caractéristiques suivantes :

air : densité $= \rho_a = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$; vitesse du son $= c_a = 340 \text{ m.s}^{-1}$, coef d'absorption $\alpha_a = 2,8 \text{ dB / km}$

bois : densité $= \rho_b = 700 \text{ kg.m}^{-3}$; vitesse du son $= c_b = 1 \text{ km.s}^{-1}$, coef d'absorption $\alpha_b = 10^{-4} \text{ dB / km}$

- 1 Calculer l'impédance acoustique de ces deux milieux.
- 2 Le haut-parleur vibre avec une amplitude u_0 générant une surpression p_0 . Calculer l'amplitude de l'onde transmise au milieu extérieur, c'est-à-dire à travers l'enceinte (on négligera l'absorption).
- 3 Toujours en négligeant l'absorption, calculer la pression totale à l'intérieur de l'enceinte (on se limitera à une seule réflexion sur la paroi).
- 4 On considère maintenant l'absorption. Calculer le rapport des intensités entre l'onde transmise au milieu extérieur et celle émise par la face extérieure du haut-parleur.
- 5 Pour amortir l'onde réfléchi, on remplit l'enceinte de laine de verre. L'intensité de l'onde arrière est alors diminuée d'un facteur 100 au niveau de la paroi. Calculer α_l , le coefficient d'absorption de la laine de verre.
- 6 Calculer l'atténuation totale de l'onde réfléchi au niveau du haut-parleur.
- 7 On fixe l'origine de l'axe Ox au niveau du haut-parleur. Exprimer les équations de l'onde arrière en présence de la laine de verre pour chaque choix d'orientation de l'axe Ox .

Exercice 3

Un sous-marin suit une baleine dont il mesure la vitesse à l'aide d'un sonar. Il envoie un signal de fréquence ν qui est reçu et réfléchi à la fréquence ν' par l'animal. Le sous-marin reçoit alors un signal de fréquence ν'' . On note respectivement $\mathbf{v}_s$ et $\mathbf{v}_b$ les vitesses par rapport à l'eau du sous-marin et de la baleine. Ils se déplacent dans la même direction et dans le même sens. On note c la vitesse de propagation (célérité) de l'onde sonore dans l'eau avec $c \gg \mathbf{v}_s$ et $c \gg \mathbf{v}_b$.

- 1 L'eau est au repos. En développant la relation Doppler au premier ordre, déterminer l'expression de ν'' en fonction de ν , c , ν_b et ν_s . On justifiera la valeur des angles utilisés dans la relation Doppler
- 2 Calculer ν_b : $c = 1500 \text{ m s}^{-1}$, $\nu_s = 10 \text{ m s}^{-1}$, $\nu = 40 \text{ KHz}$, $\nu'' = 40,43 \text{ KHz}$
- 3 La baleine et le sous-marin se trouvent maintenant dans un courant. L'eau se déplace donc à une vitesse ν_c par rapport au fond. Le sous-marin se pose sur le fond et la baleine nage dans le sens du courant à la vitesse ν_b par rapport à l'eau. Que devient la relation entre ν et ν'' .
- 4 Calculer la vitesse du courant ν_c : $c = 1500 \text{ m s}^{-1}$, $\nu_b = 1 \text{ m s}^{-1}$, $\nu = 40 \text{ KHz}$, $\nu'' = 39,867 \text{ KHz}$

Exercice 4

Mesure de la vitesse du sang par effet Doppler

On utilise une sonde à effet Doppler pour mesurer la vitesse d'écoulement du sang dans l'artère ombilicale. La sonde fait un angle $\alpha = 60^\circ$ avec l'axe de l'artère. L'onde émise par la sonde est de fréquence $\nu = 10 \text{ MHz}$. Et l'onde retour, captée par la même sonde, est de fréquence $\nu' = \nu + \Delta\nu$ avec $\Delta\nu = 1 \text{ kHz}$. La vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans le sang est de $c = 1500 \text{ m/sec}$.

- 1) Dans quel sens se dirigent les hématies ?
- 2) Déterminer la vitesse du sang dans l'artère
- 3) Que se passe-t-il si on positionne la sonde perpendiculairement à l'artère ($\alpha = 90^\circ$)