

Célérité du son

Sans calculatrice ; Toutes les réponses doivent être justifiées ;

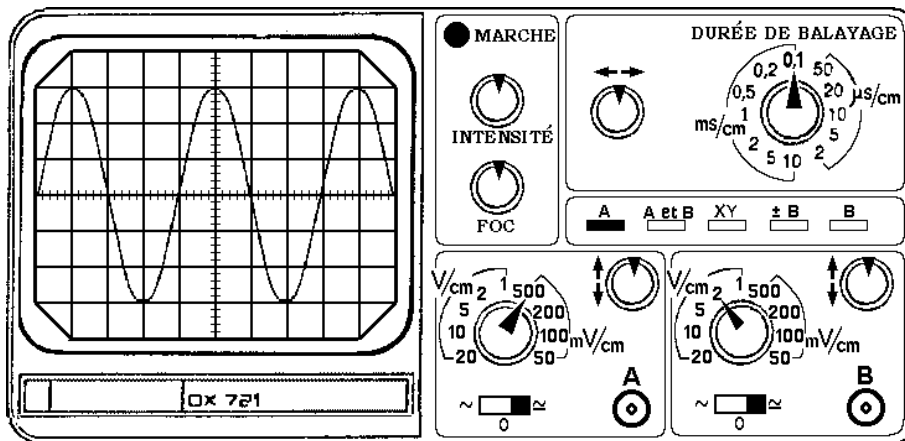
1. a) On branche un haut-parleur (HP) sur un générateur basses fréquences (GBF) et un microphone sur la voie A d'un oscilloscope, réglé comme le montre la figure ci-dessous. En précisant rapidement comment vous faites, calculez la fréquence f_1 de l'onde reçue par le microphone (*N.B. : le dessin est réduit, chaque carreau (ou division) de l'écran mesure 1 cm en réalité*).

b) Cette onde fait-il partie des – infrasons ? – sons graves ? – sons aigus ? – ultrasons ?

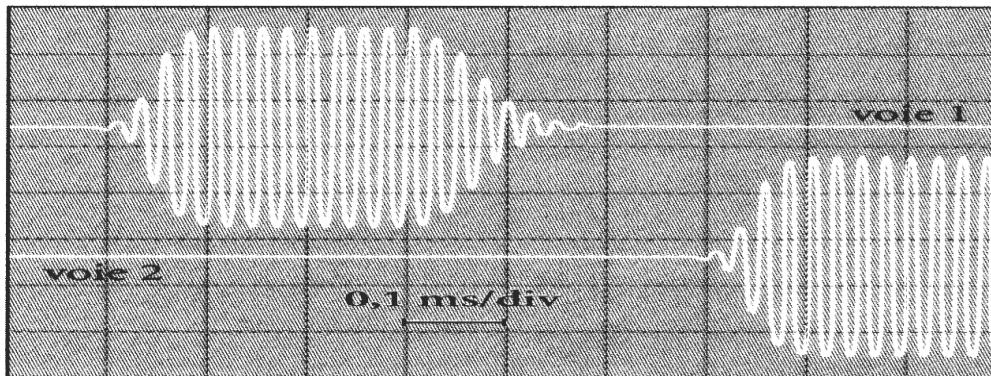
c) Quelle est l'amplitude des oscillations

d) Sur l'oscilloscope représenté ci-dessous, quel bouton faut-il régler et sur quelle position, pour observer sur l'écran :

- 5 périodes ?
- une courbe d'amplitude 1,5 division ?



2. On veut maintenant mesurer la célérité du son dans l'air en émettant des salves d'ultrasons de fréquence $f_2 = 40\,000$ Hz, et en mesurant le retard τ de l'arrivée d'une salve à un récepteur 2 par rapport à un récepteur 1, et la distance d séparant les 2 récepteurs (voir figures ci-dessous).

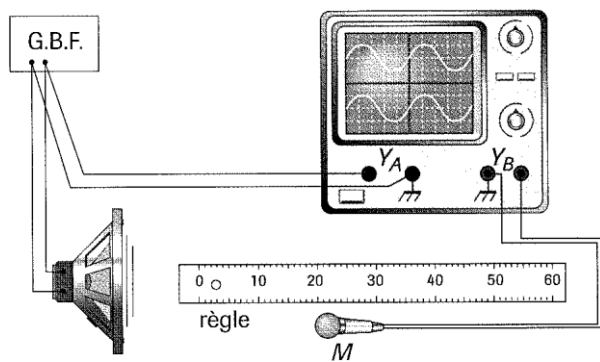


a) Faire le schéma de l'expérience

b) La figure de droite (voie A en haut, voie B en bas, réglage 0,1 ms par division) a été obtenue pour $d = 18$ cm. En déduire la célérité du son 'v'.

c) La chauve-souris émet des ultrasons de célérité $v_1 = 350$ m.s⁻¹ dans l'air. Un obstacle est situé à une distance d_1 de l'animal. L'ultrason est émis par la bête, il se réfléchit contre l'obstacle et revient vers la chauve-souris. Entre l'émission et la réception de l'ultrason par la chauve-souris il s'écoule une durée $dt = 10^{-2}$ s

Calculer la distance d_1 .



3. On réalise maintenant le montage suivant : un GBF alimente un HP, un microphone est branché en voie B d'un oscilloscope, alors que la voie A est sur le GBF.

On positionne le micro en face du zéro de la règle, et on déplace l'ensemble {règle, micro} devant le HP jusqu'à ce que les deux courbes soient en phase. On fixe alors la règle, et on recule le micro jusqu'à ce que les courbes soient de nouveau en phase (pour la première fois) ; on lit alors d sur la règle.

- comment s'appelle la distance d ? Quelle est sa définition ?
- pour une fréquence $f_3 = 1500$ Hz mesurée au fréquencesmètre, on mesure $d = 22$ cm. En déduire la célérité v_3 du son.
- comment pourrait-on améliorer la précision de la mesure précédente ?
- donner une autre définition de la distance d .

4. Des mesures de très grande précision de la célérité v du son à différentes fréquences f , dans l'air sec à $20,00^\circ\text{C}$, ont donné les valeurs suivantes :

f (kHz)	0,020	0,100	0,400	2,000	6,300	12,500	16,000
v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	343,4767	343,5495	343,5611	343,5623	343,5651	343,5663	343,5666

- Hors programme mais intéressant!!!!** Quel phénomène ces mesures mettent-elles en évidence ? Ce phénomène est-il (quantitativement) important pour les ondes sonores ? Citer un type d'ondes où ce phénomène est très important.
- à combien de chiffres significatifs (au maximum) peut-on arrondir v pour la considérer constante ? Donner alors sa valeur.
- dans une pièce où l'air est sec et à 20°C , un instrument de musique émet simultanément un son de fréquence $f_1 = 100$ Hz et un son de fréquence $f_2 = 2000$ Hz (l'une des « harmoniques »). Donner l'expression littérale du décalage temporel Δt (positif) entre les 2 sons à l'arrivée si un auditeur est situé à une distance $D = 5$ m. Ecrire le calcul à effectuer sans le résoudre.

Quel son arrive en premier ?

- certain fabricants d'enceintes pour chaîne Hifi décalent légèrement les HP d'aigus (tweeter) et de graves (boomer) pour compenser partiellement ce phénomène, et faire en sorte que tous les sons émis en même temps parviennent en même temps à l'auditeur. Par rapport à l'auditeur, faut-il mettre le tweeter plus proche ou plus loin que le boomer ?

5. Un son émis dans l'air peut être perçu sous l'eau (au fond d'une piscine, par exemple). Parmi les grandeurs suivantes, quelle est celle qui se conserve lors du changement de milieu :

– la fréquence ? – la célérité ? – la longueur d'onde ?

6. Un modèle de la célérité du son dans un gaz de masse molaire M et à la température (**absolue**) T (en degré

Kelvin) est donné par la formule : $v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$ où R est la constante du gaz parfait ($R = 8,315 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) et γ une constante sans unité valant $\gamma = 1,39$. $M_{\text{air}} \approx 0,029 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$

- sachant que le joule exprimé en unités de base du SI est $[\text{J}] = [\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}]$, montrer que cette formule est homogène en terme d'unité.
- à 20°C , $T_1 = 273 + 20 = 293$ K la célérité de la lumière est notée v_1 . A quelle température T_2 , exprimée en fonction de T_1 , aurait t-on la célérité v_1 du son multipliée par 2 ?