FICHE TD 2 **Propagation d'un signal**

Par où Commencer

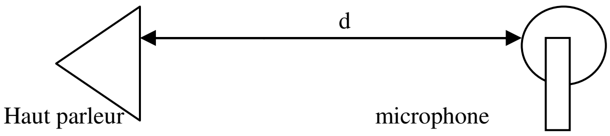
EXERCICE 1

Sur un disque compact, le signal sonore (à l'origine analogique) est stocké de manière numérique (digital en anglais), avec des états que l'on peut désigner par « 0 » ou « 1 » comme e n informatique. A quelle fréquence est échantillonné un disque compact pour couvrir l'ensemble du spectre sonore humain ?

EXERCICE 2

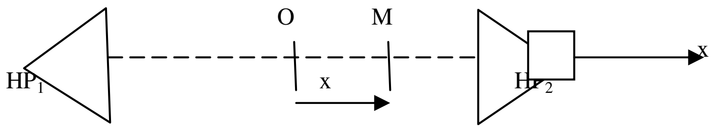
I) Un générateur basse fréquence, fournissant une tension $u(t) = U_m \cos(2\pi f t)$, alimente un haut-parleur qui émet ainsi un son pur de même fréquence f = 1500 Hz qui se propage avec une célérité c. Un microphone est placé à la distance d du haut-parleur et convertit le signal sonore en une tension électrique u'(t).

On visualise sur les deux voies d'un oscilloscope les tensions u(t) et u'(t). On constate que pour une position d quelconque u et u' sont déphasées mais qu'on peut les mettre en phase pour certaines valeurs de d :



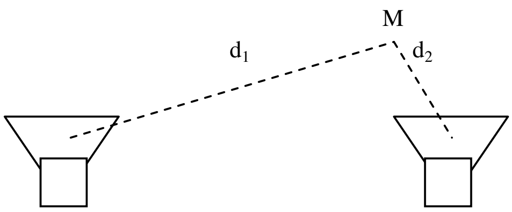
1) Ecrire l'expression de u'(t) pour une position d quelconque du microphone. En déduire une condition sur d en fonction de c et f pour que les 2 tensions soient en phase.
2) On trouve les 2 courbes en phase pour 2 positions d_1 et d_2 successives du micro. En déduire l'expression de la vitesse du son en fonction de f, d_1 et d_2. AN : Calculer c avec d_1 =35cm et d_2 =57cm.

II) On considère maintenant 2 haut-parleurs identiques (HP_1 et HP_2) émettant dans l'ultrason, de même axe Ox, orientés l'un vers l'autre. Ils émettent des vibrations acoustiques en phase et de même amplitude se propageant à la célérité $c=330\ ms^{-1}$:



Les vibrations émises créent des surpressions de l'air. Au point O, milieu du segment HP_1–HP_2 et d'abscisse x=0, les surpressions sont identiques et s'écrivent : $p_1(0,t) = p_2(0,t) = P_m\cos(2\pi ft)$ avec f = 25 kHz.

1) Ecrire les surpressions $p_1(x,t)$ et $p_2(x,t)$ issues de HP_1 et HP_2 au point M d'abscisse x.
2) En déduire la surpression p(x,t) résultant de la superposition des 2 ondes acoustiques précédentes. Quelle est la nature de cette onde résultante? On donne $\cos(a)+\cos(b) = 2\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)\cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$.
3) On constate qu'en certains points de l'axe Ox, la surpression p(x,t) est nulle. Exprimer les abscisses x_N de ces points en fonction de c et f.
4) Calculer les valeurs des 4 abscisses x_N les plus proches du point O.
5) On dispose désormais les 2 HP comme suit et on s'intéresse à la vibration résultante au point M distant de d_1 de HP_1 et de d_2 de HP_2 :



Dire, en le justifiant si la surpression p(M) est maximale ou nulle pour $d_1 - d_2 = 19{,}8$ mm.

EXERCICE 3

Un émetteur en E émet une onde sonore se propageant à la vitesse c. Cet émetteur se déplace à la vitesse $\overrightarrow{v_0} = v_0\overrightarrow{u_x}$ et sa position initiale est $OE=l_o$. Un récepteur est fixe en O.

1) Si l'émetteur émet un bip toutes les T secondes, trouver les dates de réception des différents bip par le récepteur.
2) Montrer que le récepteur reçoit un bip toutes les T' secondes et exprimer T'en fonction de v_0, c et T.

C'est l'effet Doppler. Commenter le sens physique de l'effet Doppler.

EXERCICE 3

Montrer que l'onde progressive $p(x,t) = p_o \cos(\omega t - kx)$ satisfait à l'équation aux dérivées partielles suivante : $\dfrac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0$

$\dfrac{\partial p}{\partial x}$ (par exemple) se nomme dérivées partielle de *p* par rapport à x(à t fixe). Elle s'obtient en dérivant *p* par rapport à x en considérant *t*=constante.

Exercice 1

On considère en bicourbe les tensions délivrées par deux microphones, un fixe en O et l'autre mobile en M, captant une onde progressive sinusoïdale émise par un haut parleur. (figure 1). Lorsque les deux microphones sont placés en O, on observe sur un oscilloscope la figure 12.

1) Quelle est la fréquence f du signal ?
2) Les figures 13, 14, 15a et 15b, présentent en bicourbe les tensions délivrées par le microphone en O et le second microphone situé respectivement en quatre points d'abscisses x_1, x_2, x_3=21 cm et x_4.
3) Quelle est la longueur d'onde du signal sonore ?
4) Que vaut sa vitesse de propagation ?
5) Déterminer la valeur des abscisses x_2 et x_4.

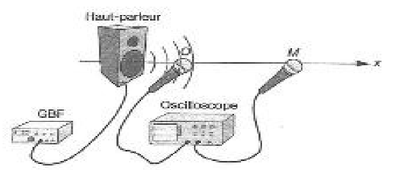


Figure 1

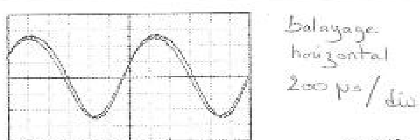


Figure 12

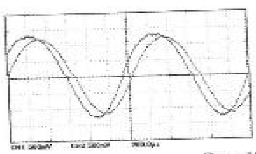


Figure 13

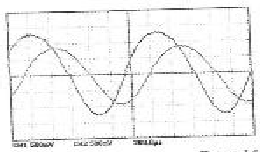


Figure 14

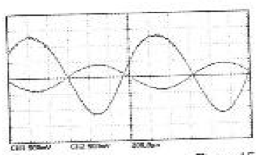


Figure 15a

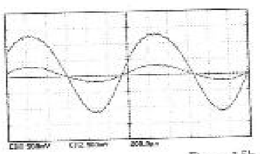


Figure 15b

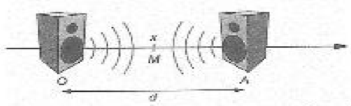


Figure 2

Exercice 2

On dispose de deux haut-parleurs pouvant être alimentés par des GBF de fréquence 1000Hz ainsi que de deux microphones. La vitesse du son dans l'air est c=340 $m.s^{-1}$.

1) Quelle est la longueur d'onde correspondante ?
2) Si on utilise un haut-parleur et on ne dispose que d'un micro, peut-on mettre en évidence la propagation de l'onde et mesurer la longueur d'onde en utilisant un oscilloscope en mode monocourbe ? Bicourbe ?
3) On utilise désormais les deux HP, placés face à face à une distance d, aux point O et A de l'axe Ox (figure 2)

Ils sont alimentés en parallèle par le GBF ainsi ils sont soumis tous les deux à la tension $e(t) = e_o \cos(2\pi ft)$ .On supposera que la présence d'un HP ne perturbe pas l'onde émise par l'autre et notamment n'engendre pas d'onde réfléchie. Chaque HP émet une onde acoustique de même phase que la tension d'alimentation. On néglige toute atténuation des ondes sonores émises par les HP.

a) Donner la forme générale de l'onde engendrée par le HP de gauche $p_g(x,t)$.
b) Exprimer l'onde engendrée par le HP de droite $p_d(x,t)$. On utilisera en particulier le fait qu'en x=d, l'onde p_d doit posséder la même phase que la tension d'alimentation.
c) L'onde entre les deux HP est la superposition des deux ondes déterminées ci-dessus. On veut qu'au niveau du HP de gauche se forme un nœud de vibration. Exprimer les distances d_n que l'on peut alors choisir en fonction de la longueur d'onde et d'un entier n.
d) Que vaut le signal au niveau du HP de droite ?