

# ÉMISSION ET PROPAGATION DES SONS : EXERCICES

## Phénomènes de résonance.

On observe un phénomène d'ondes stationnaires dans des cavités lorsque la taille de celles-ci est un multiple entier de la demi longueur d'onde : c'est par exemple le cas pour des cordes vibrantes ou les tuyaux sonores.

Le mode fondamental correspond à la situation pour laquelle la taille de la cavité est égale à une demi longueur d'onde.

Pour un émetteur piézoélectrique en quartz, il y a résonance à 1,0 MHz pour une lame d'épaisseur 2,9 mm ; calculer la célérité des ondes sonores dans le quartz.

## Puissance sonore

1. Une source sonore émet un son de niveau 50 dB ; on ajoute une seconde source sonore identique à la précédente ; calculer le niveau sonore de l'ensemble.

2. Le seuil douloureux d'audition correspond à un niveau sonore de 120 dB, à une fréquence de 1 kHz ; calculer la puissance surfacique du son correspondant.

Calculer le niveau d'un son de même amplitude mais de fréquence basse (100 Hz) puis d'un son de même amplitude et de fréquence aigue (10 kHz).

## Propagation ; réflexion ; transmission

1. Un tube de section  $S$  rempli d'un gaz de masse volumique  $\rho_0$  est le siège d'onde longitudinales ; le déplacement des particules de gaz est de la forme  $u = a \cos(\omega t - k x)$ .

Donner l'expression la vitesse de déplacement d'une tranche de gaz d'épaisseur  $dx$

Donner l'expression de l'énergie cinétique d'une tranche de gaz

En déduire l'expression de la densité d'énergie pour l'onde considérée.

Donner alors l'expression de l'intensité de l'onde.

*Remarque : il est utile de se souvenir que, pour un oscillateur harmonique, la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique reste constante...*

2. On donne les impédances acoustiques suivantes (en  $\text{g.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) :

air	tissus mous	Os compact	Os spongieux
$0,04 \times 10^3$	$1,65 \times 10^5$	$6,10 \times 10^5$	$2,55 \times 10^5$

Donner l'expression générale du coefficient de transmission  $T$  et du coefficient de réflexion  $R$ .

Vérifier que  $R + T = 1$

Calculer ces coefficients :

Lors du passage d'une onde sonore de l'air aux tissus mous.

Lors du passage d'une onde sonore de l'os compact à l'os spongieux

Conclure.

3. On considère une interface tissu adipeux / muscle caractérisé par les coefficients  $R = 0,007$  et  $T = 0,993$ .

Comment se propagent les ultra sons à travers une telle interface ?

L'impédance du muscle vaut  $1,60 \times 10^5 \text{ g.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$  Calculer l'impédance du tissu adipeux.

## Atténuation

La fréquence d'une onde sonore plane vaut  $N = 1,0 \text{ MHz}$  ; le coefficient d'absorption du muscle vaut  $\alpha = 0,15 \text{ cm}^{-1}$  pour cette fréquence.

Calculer l'épaisseur de muscle correspondant à une absorption de 50%.

Le coefficient  $\alpha$  varie en première approximation comme le carré de la fréquence ; calculer le coefficient d'absorption pour une onde de fréquence  $N' = 3,0 \text{ MHz}$ .

Conclure.

## Échographie

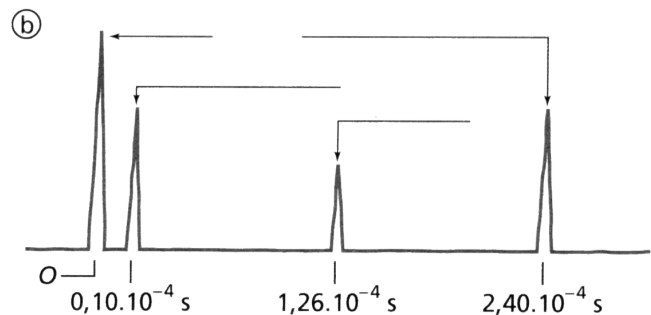
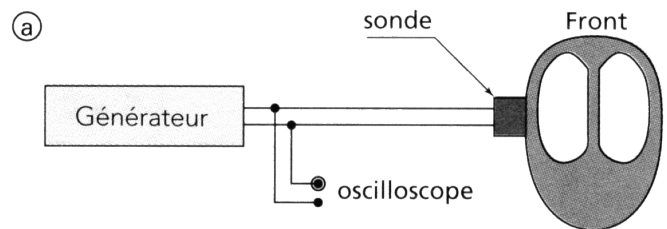
1. Une sonde émet des impulsions ultrasonores en direction du crâne d'un patient ; les différents échos recueillis sur un oscilloscope donnent l'oscillogramme ci-contre.

Interpréter l'oscillogramme.

Expliquer pourquoi il est nécessaire que l'impulsion ultra sonore soit brève.

La célérité des ultra sons dans la boîte crânienne vaut environ  $1540 \text{ m.s}^{-1}$ .

Donner et comparer la taille des hémisphères cérébraux.



2. Résolution transversale d'une échographie de type B.

Sur un écran de télévision, l'image apparaît correcte (pas de scintillement) tant que sa durée ne dépasse pas 50 ms ;

On explore des tissus dans lesquels la célérité du son est d'environ  $1500 \text{ m.s}^{-1}$ .

Calculer la durée d'une exploration sur une profondeur de 20 cm.

En déduire le nombre d'explorations que l'on peut effectuer en 50 ms.

Le champ d'exploration du dispositif est d'une quinzaine de cm ; évaluer la résolution transversale du dispositif.

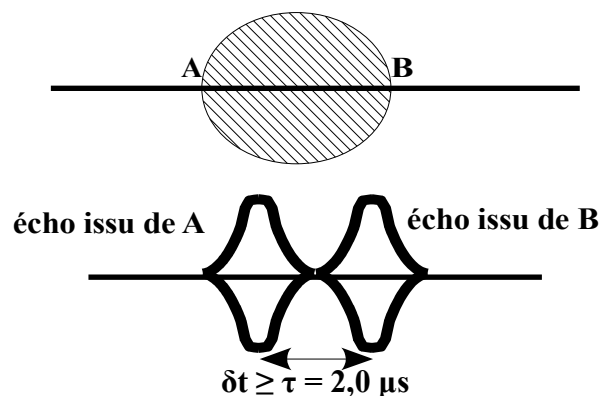
3. Résolution axiale d'une échographie de type B.

La fréquence de l'onde exploratrice vaut  $f = 4,0 \text{ MHz}$ ,

La durée des salves ultrasonores vaut  $\tau = 2,0 \mu\text{s}$ ,

On considère que deux interfaces ne pourront être séparées que si les échos ne se recouvrent pas, c'est à dire si la durée  $\delta t$  séparant la réception de deux échos successifs est supérieure à la durée d'une salve ( $\delta t \geq \tau$ ).

3.1. Calculer la distance minimale AB que l'on peut mesurer dans cette situation (voir figure). En déduire la résolution axiale  $r_A$  de l'appareil utilisé dans ces conditions.



La durée d'une salve est limitée par le nombre de périodes du signal sonore qui la compose.

3.2. Dans le cas évoquée, calculer le nombre de périodes contenues dans une salve.

La sonde émet maintenant un signal de fréquence  $f' = 8,0 \text{ MHz}$ .

3.3. En supposant que le nombre de périodes contenues dans une salve reste le même, calculer la durée de la salve  $\tau'$  émise par le dispositif.

En déduire la nouvelle résolution axiale  $r_A'$  dans ces conditions. Conclure.