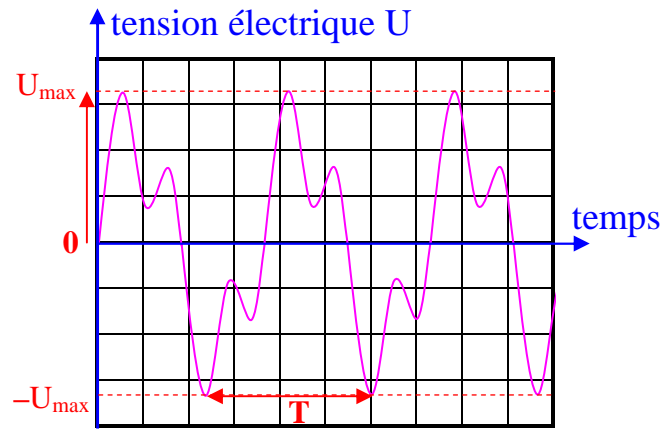


# Résumé du TP n°3 : principe de l'échographie

## 1. Utilisation d'un oscilloscope :

Un oscilloscope permet d'observer sur son écran les variations d'une **tension électrique U** (axe vertical) exprimée en volts (V) en fonction du **temps t** (axe horizontal) exprimé en seconde (s).

Pour que la courbe observée soit stable sur l'écran, cette tension doit être **périodique**, ce qui signifie qu'elle doit se reproduire de façon identique à intervalles de temps réguliers appelés **période** et notés **T**.



Cette tension électrique varie entre deux valeurs symétriques par rapport à la ligne médiane de l'écran (qui doit correspondre à une tension nulle).

On note ces valeurs  $+U_{\max}$  et  $-U_{\max}$ , et on appelle  $U_{\max}$  : **amplitude** de la tension observée.

Des gros boutons sur la face avant de l'oscilloscope permettent de modifier les échelles choisies sur chaque axe et appelées « **calibres** ».

Exemple : Calibre horizontal (base de temps) : 0,50ms/carreau                      Calibre vertical : 2,0V/carreau

Pour mesurer l'amplitude  $U_{\max}$ , il faut :

- \* appliquer une tension nulle à l'entrée de l'oscilloscope en mettant le commutateur voie A sur la position 0
- \* amener la ligne horizontale observée au milieu de l'écran grâce au bouton  $\updownarrow$
- \* remettre le commutateur en position « mesure » sur  $\text{-----}$
- \* l'amplitude mesure 3,3 carreaux sur l'écran. Chaque carreau correspond à 2,0V donc l'amplitude  $U_{\max} = 3,3 \times 2,0 = 6,6V$

Pour mesurer la période T, il faut compter (sur l'axe des temps horizontal) le nombre de carreaux entre 2 maximums ou 2 minimums successifs, et multiplier par le calibre de la base de temps ( $0,50 \cdot 10^{-3} \text{s/carreau}$ ).

Donc la période  $T = 3,6 \times 0,50 \cdot 10^{-3} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{s}$

Le nombre de périodes par seconde s'appelle **fréquence**, notée F  $F = \frac{1}{T}$  avec T en s et F en **Hz** (hertz)

Donc pour la courbe précédente, la fréquence est :  $F = 1/1,8 \cdot 10^{-3} = 560 \text{Hz}$

Cela signifie que cette tension passe par son maximum ou par son minimum 560 fois par seconde.

## 2. Propriétés des ultrasons (U.S.) :

La lumière peut se propager dans le vide, mais pas un son qui ne peut se propager que dans la matière à l'état solide, liquide ou gazeux.

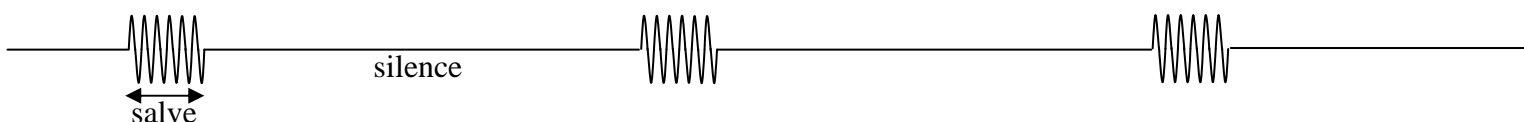
Un son correspond à des vibrations des molécules d'un matériau. Ces molécules en vibrant s'entrechoquent et transmettent leurs vibrations aux molécules voisines, et ainsi de proche en proche.

La fréquence la plus basse que l'oreille humaine est capable d'entendre (son grave) est environ 20Hz.

La fréquence la plus haute que l'oreille humaine est capable d'entendre (son aigu) est environ 20000Hz.

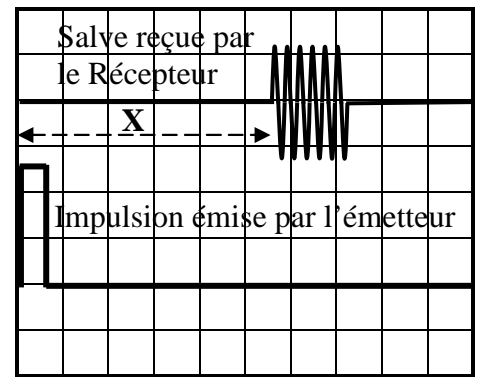
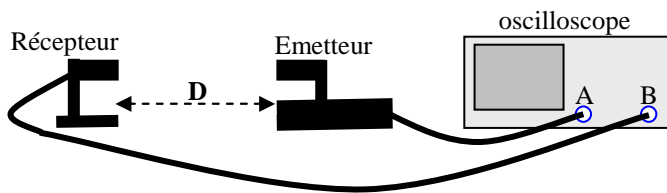
La fréquence pour laquelle l'oreille est la plus sensible est environ 4000Hz.

Les ultrasons **U.S.** sont des sons de fréquence supérieure à 20 000Hz, donc inaudibles pour l'oreille humaine mais perçus par certains animaux comme les chauves-souris qui les utilisent pour se repérer dans l'espace. L'émetteur d'U.S. utilisé en T.P. émet des salves d'U.S. de façon périodique, c'est-à-dire de façon répétitive à intervalles de temps réguliers. Une **salve** correspond à des U.S. émis pendant une durée très brève.



### 3. Mesure de la vitesse des ultrasons dans l'air :

En face de l'émetteur se trouve un récepteur d'U.S.  
La distance parcourue par les U.S. entre l'émetteur et le récepteur est notée D. Dans cet exemple D=37cm



Lorsque l'émetteur commence à émettre une salve, il envoie sur la voie A de l'oscilloscope une impulsion.  
La salve d'U.S. se propage dans l'air à la vitesse V entre l'émetteur et le récepteur.  
Il lui faut une durée  $\Delta t$  pour parcourir la distance qui sépare l'émetteur du récepteur.  
Lorsque le récepteur reçoit la salve, celle-ci apparaît sur l'écran, mais décalée vers la droite de X carreaux.  
Le temps mis par la salve pour parcourir la distance qui sépare l'émetteur du récepteur se calcule en multipliant X par le calibre de la base de temps.

Dans cet exemple,  $X=5,5$  carreaux    calibre de la base de temps :  $0,20\text{ms}/\text{carreau}$      $\Delta t = 5,5 \times 0,20 = 1,1\text{ms}$   
La distance  $D = 37\text{cm} = 0,37\text{m}$  est parcourue par les ultrasons en  $\Delta t = 1,1 \cdot 10^{-3}\text{s}$  à la vitesse V.  
La valeur de la vitesse V des ultrasons dans l'air est donc  $V = D / \Delta t = 0,37 / 1,1 \cdot 10^{-3} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### 4. Transmission et réflexion des ultrasons par différents matériaux :

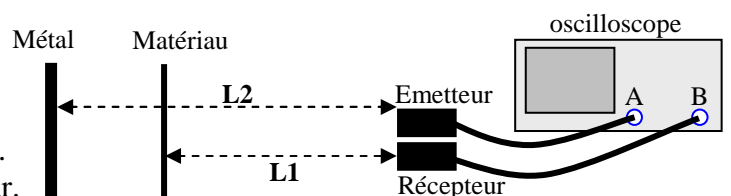
Lorsqu'une salve d'ultrasons qui se propage dans l'air rencontre un autre matériau, une partie de l'onde est réfléchiée tandis qu'une autre partie traverse le matériau.

Protocole pour classer les objets en fonction de leur capacité à transmettre les U.S. :

- \* on place l'émetteur et le récepteur face à face comme ci-dessus
- \* on intercale sur le trajet des U.S. les différents objets à classer, les uns après les autres
- \* pour chaque objet testé, on mesure l'amplitude de la salve reçue par le récepteur : plus cette amplitude est grande, plus l'objet testé transmet bien les U.S.

### 5. Principe de l'échographie :

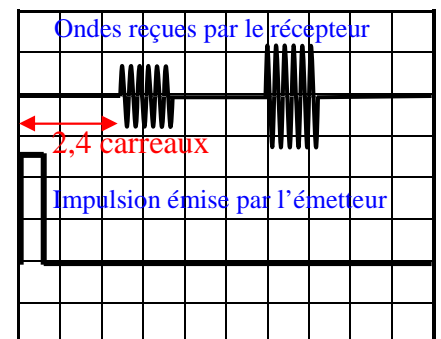
On place l'émetteur et le récepteur côte à côte et face à l'écran métallique, de façon à ce que les salves d'U.S. émises par l'émetteur soient réfléchies vers le récepteur.



On intercale sur le trajet des U.S. un matériau qui réfléchit une partie des U.S. vers le récepteur, mais qui transmet l'autre partie.  
Ces U.S. qui traversent le matériau sont ensuite réfléchis par le métal vers le récepteur.

Le récepteur reçoit donc 2 salves décalées dans le temps :

- \* l'une réfléchiée par le matériau et qui a parcouru la distance  $2xL_1$   
Son amplitude est faible si ce matériau réfléchit peu les U.S.
- \* l'autre réfléchiée par le métal et qui a parcouru la distance  $2xL_2$



Le calibre de la base de temps est  $0,50 \cdot 10^{-3}\text{s}$  par carreau donc la salve réfléchiée par le matériau a parcouru la distance  $2xL_1$  pendant la durée  $\Delta t_1 = 2,4 \times 0,50 \cdot 10^{-3} = 1,2 \cdot 10^{-3}\text{s}$  à la vitesse  $V = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 $2xL_1 = V \times \Delta t_1$  donc  $L_1 = V \times \Delta t_1 / 2 = 340 \times 1,2 \cdot 10^{-3} / 2 = 0,20\text{m}$  soit 20cm

**Echographie :** voir animation page 8 sur le site [www.physiquepovo.com](http://www.physiquepovo.com)

Chaque fois que l'onde ultrasonore change de milieu de propagation, une partie de l'onde est réfléchiée vers le récepteur. En mesurant  $\Delta t$  pour chaque salve reçue, on peut reconstituer les positions des différents milieux de propagation traversés par les U.S. : muscle de la mère, liquide amniotique, muscles et os du bébé, ...