

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Des ondes pour observer et mesurer | <b>TP 13. COEFFICIENTS DE TRANSMISSION ET DE REFLEXION<br/>ENERGETIQUES – APPLICATON A L'ECHOGRAPHIE</b> |
| CH IV PROPAGATION DES ONDES        |  |

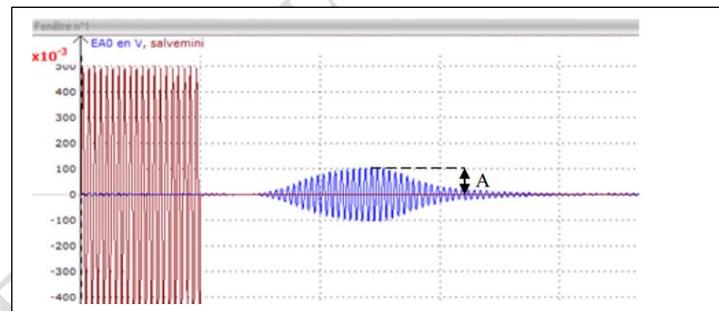
**Objectifs :** - Mesurer le coefficient d'absorption des ondes lumineuses ou ultrasonores dans un milieu.  
 Mesurer les coefficients de transmission et de réflexion énergétiques des ondes lumineuses ou ultrasonores d'une interface en incidence normale.  
 - Utiliser les coefficients énergétiques dans l'étude de cas concrets simples.

**Compétences travaillées :** Réaliser et Analyser

**I. Estimation de l'atténuation du signal dans l'air**

- Vous l'avez observé au cours du TP précédent, l'onde ultra-sonore, en se propageant cède une partie de son énergie au milieu : il y a absorption de l'énergie ultra-sonore et l'intensité du faisceau diminue. Vous allez essayer d'estimer cette atténuation.
- Paramétrage de l'acquisition : Entrées : ±0,25 V  
 Nombre de points 2000  
 durée 4 ms  
 Choisir salve

- MESURES
  - Mesurer la distance d entre les deux récepteurs
  - Lancer l'acquisition
  - A l'aide du réticule, mesurer l'amplitude A du signal reçu



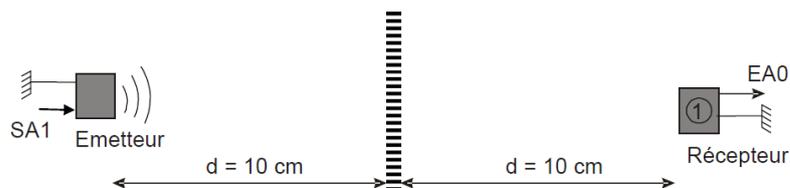
|                  |                  |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| x (cm)           | 0                | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| Amplitude A (mV) | A <sub>0</sub> = |    |    |    |    |    |    |    |

- ANALYSE :
  1. Tracer la courbe A=f(x)
  2. L'intensité décroît exponentiellement :  $I = I_0 e^{-\alpha x}$  où  $\alpha$  est le coefficient d'absorption (m<sup>-1</sup>)  
 Ajouter une courbe de tendance exponentielle et déterminer  $\alpha$

**II. Coefficient de réflexion énergétique :**

- Pour simuler une réflexion partielle à l'interface de 2 milieux, on utilise un obstacle (polystyrène par exemple) :

1. Etude de la transmission :



1. Déterminer le coefficient de Transmission :

$$T = \frac{I_t}{I_{20cm}} = \frac{A_T^2}{A_{20cm}^2}$$

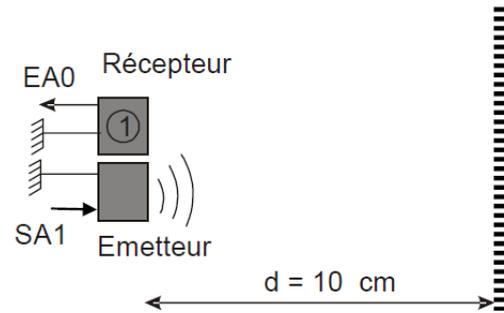
2. Expliquer pourquoi on divise par l'amplitude mesurée à 20 cm de la source.

### 2. Etude de la réflexion :

1. Déterminer le coefficient de réflexion  $R$

$$R = \frac{I_R}{I_{20cm}}$$

2. Vérifier que  $R + T = 1$



### III. Application à l'échographie :



- L'échographie est une technique d'imagerie employant des ultrasons. Elle est utilisée de manière courante en médecine mais peut être employée en recherche, en exploration vétérinaire, en industrie.
- Le mot « échographie » provient de la nymphe Écho dans la mythologie grecque qui personnifiait ce phénomène et d'une racine grecque Graphô (écrire). Il se définit donc comme étant « un écrit par l'écho ».
- **Le matériel :** L'échographe est constitué :
  - \* D'une sonde, permettant l'émission et la réception d'ultrasons ; D'un système informatique, transformant le délai entre la réception et l'émission de l'ultrason en image ;
  - \* D'une console de commande, permettant l'introduction des données du patient et les différents réglages ;
  - \* D'un système de visualisation : moniteur ;
  - \* D'un système d'enregistrement des données sous forme numérique généralement.
- Le tout est disposé sur un chariot mobile, permettant d'effectuer l'examen au lit même du patient. Les besoins sont différents suivant l'organe étudié. Le plus exigeant est le cœur, mobile par essence, qui exige une bonne définition de l'image spatiale mais aussi temporelle.

• **La sonde :** Les premières études sur les ultrasons n'étaient pas appliquées à la médecine, mais visaient à permettre la détection des sous-marins à l'occasion de la Première Guerre mondiale. En 1951, deux britanniques, J.J. Wild (médecin) et J. Reid (électronicien), présentèrent à la communauté médicale un nouvel appareil : l'échographe. Il était destiné à la recherche des tumeurs cérébrales mais fera carrière dans l'obstétrique. L'usage en obstétrique date du début des années 1970 avec les appareils permettant de capter les bruits du cœur fœtal. L'élément de base de l'échographie est une céramique piézoélectrique (PZT), situé dans la sonde, qui, soumis à des impulsions électriques, vibre et génère des ultrasons. Les échos sont captés par cette même céramique, qui joue alors le rôle de récepteur : on parle alors de transducteur ultrasonore. La fréquence des ultrasons peut être modulée : augmenter la fréquence permet d'avoir un signal plus précis (et donc une image plus fine) mais l'ultrason est alors rapidement amorti dans l'organisme examiné et ne permet plus d'examiner les structures profondes. En pratique l'échographe a, à sa disposition, plusieurs sondes avec des fréquences différentes :

- 1,5 à 4,5 MHz en usage courant pour le secteur profond (abdomen et pelvis), avec une définition de l'ordre de quelques millimètres ;
- 5 MHz pour les structures intermédiaires (cœur d'enfant par exemple), avec une résolution inférieure au millimètre ;
- 7 MHz pour l'exploration des petites structures assez proches de la peau (artères ou veines) avec une résolution proche du dixième de millimètre ;
- De 10 MHz à 18 MHz plus par exemple pour l'étude, en recherche, de petits animaux, mais aussi, dans le domaine médical, pour l'imagerie superficielle (visant les structures proches de la peau).

- L'électronique de l'échographe se charge d'amplifier et de traiter les signaux provenant de la sonde afin de les convertir en signal vidéo. L'image se fait en niveaux de gris selon l'intensité de l'écho en retour.

### Comment apparaissent les différents tissus de l'organisme ?

- Les liquides simples, dans lesquels il n'y a pas de particules en suspension, se contentent de laisser traverser les ultrasons. Ils ne se signalent donc pas par des échos. Ils seront noirs sur l'écran (Structures hypoéchogènes).
- Les liquides avec particules, le sang, le mucus, renvoient de petits échos. Ils apparaîtront donc dans les tons de gris, plus ou moins homogènes.
- Les structures solides, l'os par exemple, renvoient mieux les échos. On verra donc une forme blanche avec une ombre derrière. Une exception cependant, la voûte crânienne, très fine et perpendiculaire aux échos, en laisse passer.
- Les tissus mous sont plus ou moins échogènes : le placenta est plus blanc que l'utérus, qui est plus blanc que les ovaires.
- Le gaz et l'air, sont comme l'os, très blanc.

## 1. Questions relatives au texte

1.0. Quelle est la définition d'un ultrason ? Comment est-il produit dans la sonde ?

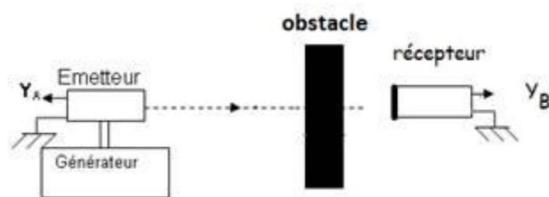
1.1. La sonde est-elle un émetteur d'ultrason ? Un récepteur d'ultrason ? Les deux ?

1.2. A quelle fréquence vibre la sonde quand on l'utilise pour visualiser les artères du patient ?

1.3. A quelles teintes correspondent les tissus mous et les os de l'organisme sur une échographie ?

## 2. Absorption des ultrasons en mode continu

### Montage



- Mettre en fonctionnement l'alimentation puis l'émetteur.
- Un obstacle est éloigné de 15 cm de l'émetteur d'ultrasons. Celui-ci est placé en mode continu, il est alimenté par un générateur de 15 V. L'onde émise par l'émetteur est visualisée via la console ESAO. Le récepteur R est placé de l'autre côté de l'obstacle, à 5 cm de celui-ci. L'onde reçue par le récepteur est visualisée également via ESAO. On placera différents types d'obstacle entre l'émetteur et le récepteur.

### Expérience

2.1. Mesurer l'amplitude de la tension émise par l'émetteur notée  $U_m(E)$ . On réglera cette amplitude au maximum en tournant le bouton cylindrique placé sur la face supérieur de l'émetteur.

2.2. La tension produite par l'émetteur a la même fréquence et période que l'ultrason qu'il produit. Mesurer la période T et en déduire la fréquence f de l'ultrason produit par l'émetteur. Les valeurs de la période et de la fréquence de l'ultrason avant et après obstacle sont-elles différentes ?

2.3. Observer le signal du récepteur et mesurer à chaque fois la valeur de son amplitude  $U_m$  pour différents types d'obstacles :

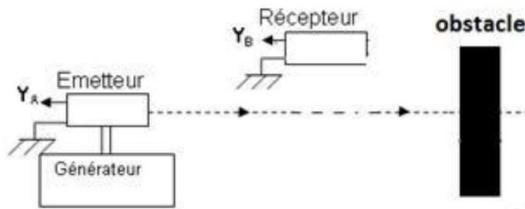
| Obstacle | Votre main | Une feuille de papier | Bois | Polystyrène |
|----------|------------|-----------------------|------|-------------|
| $U_m$    |            |                       |      |             |

2.4. Comparer l'amplitude au niveau de l'émetteur et du récepteur. Que peut-on en déduire ?

2.5. Quel est le matériau qui absorbe le plus les ultrasons ? Pourquoi ? Pour un même matériau, l'absorption dépend de quel paramètre ?

### 3. Réflexion des ultrasons sur différents milieux

#### Montage



Un obstacle est éloigné de 15 cm de l'émetteur d'ultrasons. Celui-ci est placé en mode continu, il est alimenté par un générateur de 15 V. L'onde émise par l'émetteur est visualisée sur la console ESAO. Le récepteur R est distant de 5 cm de l'obstacle. L'onde reçue par le récepteur est visualisée également via la console ESAO. Le récepteur est orienté vers l'obstacle. On reprendra les mêmes obstacles que dans l'expérience de l'absorption des ultrasons.

#### Expérience

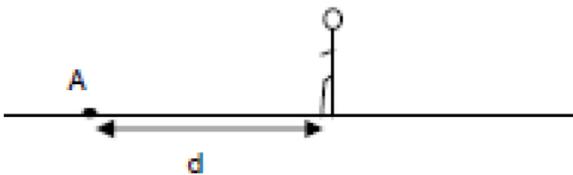
**3.1.** Observer le signal reçu par le récepteur sans obstacle puis en utilisant les différents obstacles utilisés dans l'expérience d'absorption. Quel phénomène physique met en évidence cette expérience ?

**3.2.** Quel est l'obstacle qui réfléchit le mieux les ultrasons ? Pourquoi ? Pour un même matériau, la réflexion dépend de quel paramètre ?

**3.3.** Les valeurs de la période et de la fréquence des ultrasons émis et réfléchis sont-elles identiques ?

### 4. Mesure de distances grâce aux ultrasons

**a. A quelle distance du point A le petit personnage se trouve-t-il ?**

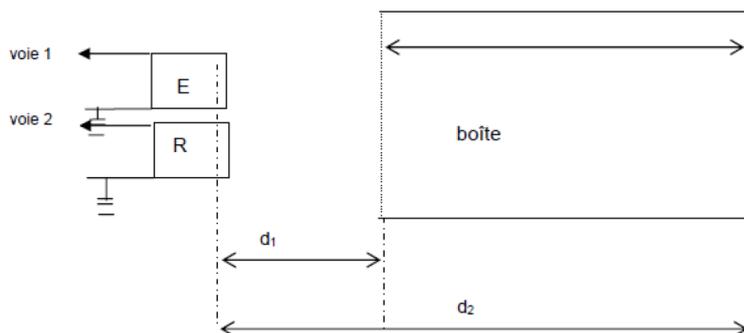


1. Schématiser et réaliser une expérience utilisant les ultrasons qui permette de mesurer  $d$ .
2. Rechercher une application pratique de cette expérience.

**b. Quelle est la profondeur de la boîte ?**

La face avant d'une boîte en carton a été supprimée et remplacée par une feuille de papier mouchoir. On se propose de déterminer à l'aide des ultrasons la profondeur  $l$  de la boîte.

Schéma de l'expérience vue de dessus :



1. Observer l'oscillogramme 2 et expliquer à quoi correspondent la première réception, la deuxième réception.
2. Déterminer à partir de cet oscillogramme les distances  $d_1$  et  $d_2$ , puis trouver la profondeur  $l$  de la boîte. Vérifier le résultat à la règle graduée.

**c. Où se trouve le petit personnage caché dans la boîte ?**

On place le personnage dans la boîte.

1. Réaliser l'expérience qui permettra de répondre à la question.
2. Dessiner, après exploitation des signaux, la boîte en utilisant une échelle respectant ses dimensions et placer correctement le personnage à l'intérieur.
3. Rechercher une application pratique de cette expérience