

LA PHYSIQUE DE L'ÉCHOGRAPHIE

CONTEXTE DU SUJET :

L'échographie permet l'étude de multiples organes (thyroïde, ganglions, foie, rate, pancréas, reins, vessie, organes génitaux) mais aussi les vaisseaux (artères et veines), les ligaments et le cœur. Elle permet d'identifier des anomalies qui pourraient les atteindre (tumeurs, infections, malformations) et peut parfois guider un prélèvement en profondeur. Au cours d'une grossesse, l'échographie permet d'étudier la vitalité et le développement du fœtus, de dépister des anomalies ou encore de déterminer le sexe de l'enfant.

<http://www.doctissimo.fr/html/sante/imagerie/echographie.htm>



Comment une sonde échographique fonctionne-t-elle ? Comment le signal recueilli est-il analysé par un système informatique pour retransmettre en direct une image sur un écran vidéo ?

Document 1 : La technique d'imagerie médicale d'échographie

L'écho est le phénomène de réflexion d'une onde sur une surface. L'échographie utilise ce phénomène physique. Son principe consiste à appliquer une sonde (comme un stylo) contre la peau en regard de l'organe à explorer. Cette sonde émet des ultrasons qui traversent les tissus puis lui sont renvoyés sous la forme d'un écho.

Les ultrasons sont des ondes sonores de fréquence supérieures à 20 kHz, et donc non perceptibles par l'oreille humaine. Dans le domaine médical, les ultrasons ont des fréquences allant de 1,5 à 18 MHz selon le type d'organe examiné.

Les différents tissus ne réfléchissent pas tous les ondes de la même manière. Ainsi l'eau réfléchit peu les ondes mais les transmet bien. A l'opposé les os les réfléchissent fortement. L'analyse des signaux reçus permet de "voir" les différents types de tissus et de les localiser à l'intérieur du corps. Une image d'échographie est en nuances de gris (voir ci-dessus). Plus l'amplitude d'une onde reçue est importante (c'est-à-dire plus l'onde est réfléchie), plus l'image tend vers le blanc. Inversement, le noir correspond à l'absence de réflexion. Sur l'image ci-contre d'une échographie fœtale, on distingue les os qui apparaissent en blanc, les tissus mous en gris et le liquide amniotique en noir.

L'échographie est un examen rapide et indolore pour le patient. Elle ne nécessite, sauf exceptions, ni hospitalisation, ni anesthésie. Elle peut être répétée sans problème ; Il n'y a aucun effet secondaire, ni inconvénient particulier. C'est une des seules techniques d'imagerie médicale en temps réel, elle est de plus relativement peu coûteuse.

Il y a seulement des limites techniques à cause des artéfacts (fausses images et parasites) provoqués par des structures métalliques ou des obstacles créés par les os, s'ils sont devant ce que l'on veut examiner. C'est un examen très opérateur-dépendant quand il concerne des structures où il faut s'intéresser de près au problème, en raison de la complexité anatomique de la région examinée. Cela signifie que la dextérité du médecin peut conditionner la qualité du résultat. Enfin, l'échographie ne permet pas l'étude de tous les organes (os, poumon...).

Document 2 : Comment modéliser une sonde échographique au laboratoire ?

Lors de cette séance expérimentale, nous utiliserons des ultrasons de fréquence 40 kHz. La sonde échographique utilisée par les médecins contient un émetteur et un récepteur d'ondes ultrasonores. Nous allons la modéliser par un émetteur et un récepteur côte à côte.

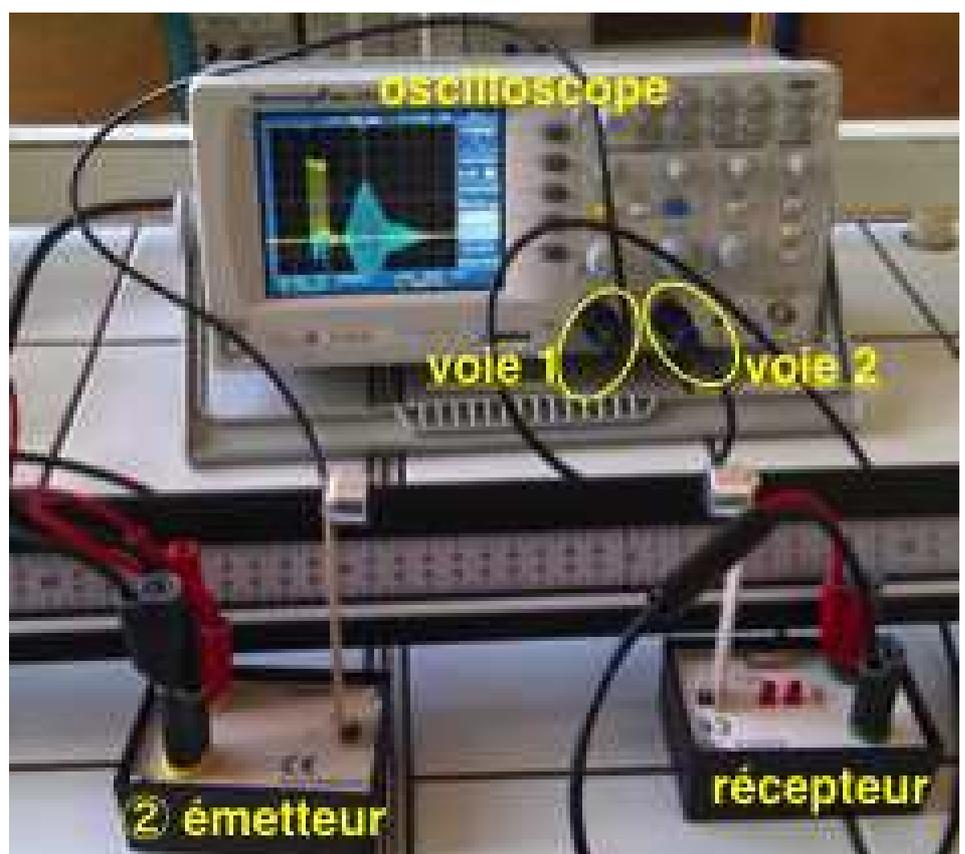
ÉMISSION DES ONDES ULTRASONORES

Les salves d'ultrasons sont produites par un générateur de salves (1) relié à un émetteur (2). Le générateur de salves produit un signal électrique, ce signal électrique est transformé sous forme d'onde sonore par l'émetteur (c'est un haut-parleur). Le générateur de salves doit être réglé sur le mode salve (3) rapide (4) et est alimenté sous une tension continue (5) de 12V (6).



RÉCEPTION DES ONDES ULTRASONORES

La salve émise est visualisée sur la voie 1 de l'oscilloscope. L'onde ultrasonore est captée par un récepteur qui transforme cette onde en signal électrique (c'est un microphone). Le signal électrique du récepteur est visualisé sur la voie 2 de l'oscilloscope.



Document 3 : Comment le signal reçu est-il analysé ?

Le signal recueilli est analysé par un système informatique qui retransmet en direct une image sur un écran vidéo.

Ce système d'analyse compare :

- L'amplitude du signal reçu par rapport à celle du signal émis. Les niveaux de gris de l'image traduisent la densité des organes rencontrés (blanc/os, gris/tissus mous, noir/liquides).
- Le retard entre l'émission et la réception de l'écho. On peut en déduire la profondeur de l'organe observé par rapport à la peau connaissant la vitesse des ultrasons :

$$\text{profondeur} = \frac{v_{\text{ultrasons}} \times \Delta t}{2}$$

avec : → $v_{\text{ultrasons}}$ la vitesse des ultrasons (m/s)
→ profondeur (m)
→ Δt retard entre le signal émis et son écho (s).

TRAVAIL À EFFECTUER

S'APPROPRIER

1. Quel type d'ondes un appareil d'échographie utilise-t-il ?

2. Quelle est la différence entre des sons et des ultrasons ? Indiquez leurs domaines de fréquences.

3. Quelles sont les parties du corps humain qui réfléchissent le plus les ultrasons ? Quelles sont les parties du corps humain qui réfléchissent le moins les ultrasons ? Comment distingue-t-on ces parties sur une image échographique ?

4. Quels sont les avantages et les inconvénients de la technique d'imagerie médicale d'échographie ?

ANALYSER

5. Pourquoi la formule permettant de calculer la profondeur de l'organe exploré contient-elle un coefficient "2" au dénominateur ?

RÉALISER

6. À l'aide du dispositif expérimental à disposition, on veut simuler un dispositif d'échographie. L'émetteur et le récepteur d'ultrasons seront placés côte à côte pour modéliser la sonde échographique.

Le patient va être représenté par une boîte en carton. La paroi avant est en papier, elle simule la peau. Un objet est placé dans la boîte, il représente un organe.

Déterminer la position de l'objet dans la boîte en grisant la trame suivante pour indiquer la position et la taille de l'objet :

VALIDER

7. En mesurant à l'aide de l'oscilloscope le retard entre le signal émis et son écho, retrouver par le calcul les positions de l'objet déterminées à la question précédente.

Donnée : la vitesse du son et des ultrasons dans l'air à 20°C est de 330 m/s