

# chapitre Physique N°6

## Les sons et ultrasons

### → Activité Documentaire

## 1 L'origine de l'émission d'un son

### Doc. 1

Une voix, une guitare, une lame de scie, un insecte, un haut-parleur, un avion sont des **émetteurs** sonores.

Les vibrations des cordes vocales, des cordes de guitare, de la lame de scie, de la membrane d'un haut-parleur, les battements des ailes d'un insecte produisent des sons (Figure 1).

Notre oreille est susceptible de percevoir ces vibrations qui sont communiquées à l'air.

Pour se déplacer et communiquer, certains animaux (dauphins, baleines, chauves-souris) sont capables d'émettre et de percevoir des sons inaudibles pour l'oreille humaine : les ultrasons (Figure 2). Ces animaux possèdent donc un émetteur et un récepteur d'ultrasons.

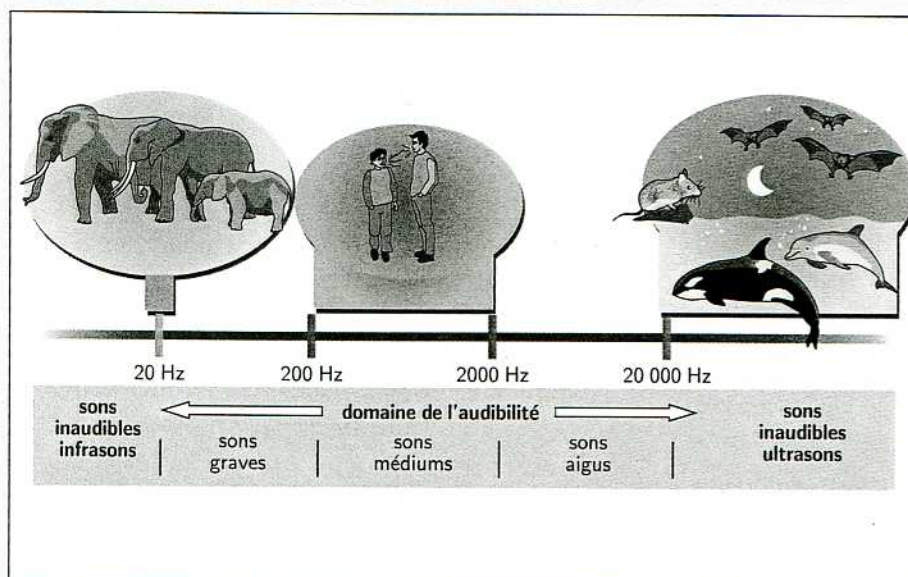


Figure 2.

Les ultrasons sont produits par de la matière en vibration, mais le rythme des vibrations ultrasonores est plus rapide que celui des vibrations sonores.

Le sonar est un ensemble émetteur-récepteur d'ultrasons fabriqué par l'homme. Les émetteurs et récepteurs d'ultrasons constitués de céramiques piézoélectriques ont des constitutions identiques.

Un émetteur sonore ou ultrasonore est un système mécanique qui vibre et met en mouvement le milieu environnant.

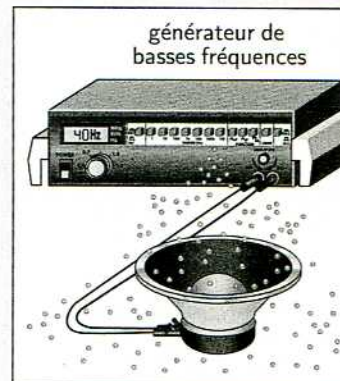
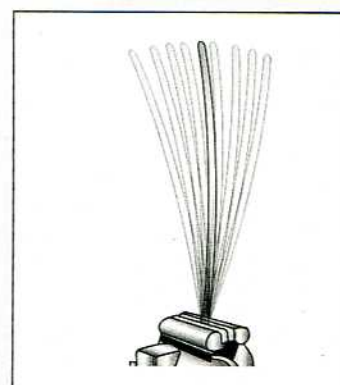


Figure 1.  
Les vibrations d'une lame de scie ou de la membrane d'un haut-parleur produisent des sons.

## 2 La propagation du son

### Doc. 2 Qu'est-ce qui se propage ?

#### ● Expérience 1

Une source sonore est placée sous une cloche de verre. Après avoir fait le vide dans la cloche, l'expérimentateur ne perçoit plus le son.

Le vide ne transmet pas les sons et les ultrasons. C'est pourquoi les astronautes communiquent dans l'espace avec des ondes radio.

Les sons et ultrasons se propagent dans l'air, dans l'eau, dans le béton, les métaux, etc.

Un support matériel est donc nécessaire pour permettre la propagation du son.

**La propagation des sons et des ultrasons nécessite un milieu matériel (gaz, liquide, solide).**

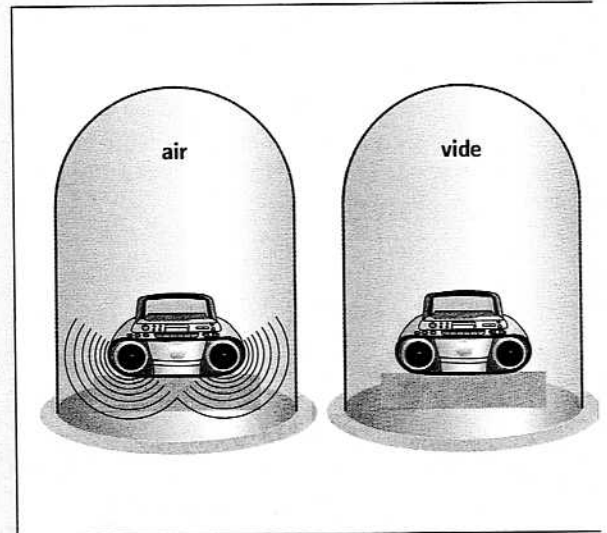


Figure 3. La nécessité d'un milieu matériel.

Une onde sonore ou ultrasonore est la propagation de vibrations mécaniques de la matière, transmises de proche en proche dans le milieu matériel, sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

## 3. L'oreille humaine

L'oreille est un organe de perception constitué de trois parties dont les rôles sont bien précis:

- l'oreille externe (pavillon, conduit auditif) ;
- l'oreille moyenne (tympan, osselets, fenêtre ovale) ;
- l'oreille interne (liquide endolymphe et cellules ciliées de la cochlée).

### Doc. 3

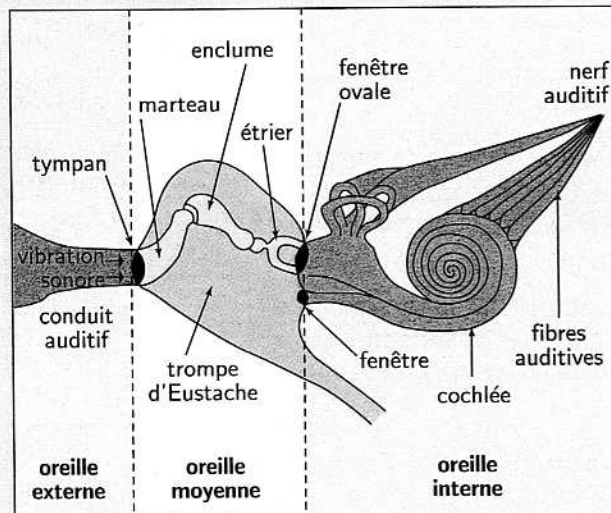


Figure 1. L'anatomie de l'oreille.

Les vibrations des émetteurs se propagent dans l'air. Le son, canalisé par le pavillon et guidé par le conduit auditif, parvient au tympan, membrane élastique, qui vibre à son tour. Les osselets amplifient les vibrations qui sont transmises à la fenêtre ovale puis à la cochlée dans laquelle le liquide met en mouvement les cellules ciliées qui produisent des signaux électriques lesquels parviennent au cerveau par le nerf auditif.

Toutes les vibrations sonores n'engendrent pas une sensation sonore.

**Une oreille normale perçoit des sons dans un domaine de fréquences qui s'étend de 20 à 20 000 Hz.**

Le domaine de perception des sons diminue avec l'âge et les affections de l'oreille.

**L'oreille humaine n'est pas sensible aux ultrasons ( $f > 20\,000$  Hz) ni aux infrasons ( $f < 20$  Hz). La sensibilité de l'oreille est meilleure pour des fréquences voisines de 3 000 Hz.**

# L'échographie

## Doc. 4 Le principe de l'échographie

### ● Le principe général de l'échographie

L'échographie est une technique d'imagerie médicale utilisant les phénomènes de réflexion partielle (écho) et de transmission des ultrasons par les différents milieux de l'organisme.

Les différents échos sont traités par des dispositifs électroniques et informatiques qui permettent de reconstituer l'image correspondant à la zone explorée. Cette technique, facile à mettre en œuvre, est indolore et sans danger.

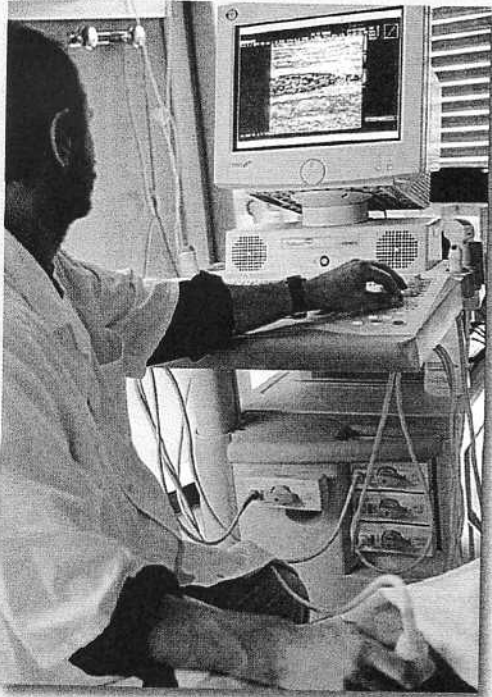


Figure 1. Une échographie.



Figure 2. L'enregistrement obtenu par une échographie.

Les ultrasons se propagent dans le corps humain en traversant différents milieux (fluides, tissus biologiques et os). La célérité de l'onde ultrasonore dépend de la densité et de la rigidité du milieu. En se propageant, les ultrasons interagissent avec la matière, ils s'atténuent suivant deux phénomènes :

### ● Par absorption dans les milieux homogènes

L'énergie du faisceau diminue en fonction de la profondeur d'exploration et dépend de la capacité d'absorption du tissu traversé.

L'absorption des ultrasons est plus importante dans les os et les tissus contenant de l'air (poumons, tube digestif) que dans les muscles et le sang. Elle est très faible dans l'eau.

L'absorption des ultrasons dépend de la nature et de l'épaisseur du milieu traversé. Dans un milieu donné, l'absorption des ultrasons augmente avec la fréquence, mais dans ce cas, la profondeur d'exploration diminue.

Milieu	$v(m \cdot s^{-1})$
Air	343
Eau	1 500
Tissus mous	$\approx 1 540$
Os	2 000 à 4 000

## ● Par réflexion et par transmission à la traversée d'une interface

La sonde émetteur-récepteur émet des salves d'ultrasons qui sont en partie réfléchies (échocs) et en partie transmises (ou réfractées) à l'interface de deux milieux de comportements acoustiques différents.

Si l'interface n'est pas perpendiculaire à la sonde, l'angle d'incidence  $i$  n'est pas nul, l'onde transmise est alors déviée et le faisceau réfléchi ne parvient pas à la sonde. Il faut donc opérer sous incidence normale pour éviter les pertes d'énergie.

Selon les caractéristiques des interfaces, les proportions d'énergie transmise et réfléchi varient. Pour une interface tissu mou/air, l'exploration est impossible car la réflexion est quasi-totale, l'énergie n'est pas transmise. Pour limiter la réflexion et faciliter la transmission entre la sonde et le tissu mou, on interpose un gel.

Les tissus qui ne renvoient pas d'échos paraissent noirs à l'écran, l'air et les os sont blancs car la réflexion est importante.

La qualité de l'image dépend de la longueur d'onde de la source donc de sa fréquence. Pour observer les détails d'un tissu, on utilisera une sonde délivrant des ultrasons de petite longueur d'onde donc de fréquence élevée.

**Les fréquences élevées sont adaptées pour des études fines (images nettes) et sont réservées à l'exploration des tissus superficiels car l'absorption des ultrasons augmente avec la fréquence (images peu intenses).**

Pour explorer un organe profond, on emploie des ultrasons de plus faible fréquence qui sont moins absorbés par les tissus, l'image sera plus intense mais floue.

Dans le domaine médical, les fréquences utilisées sont comprises entre 2 MHz et 15 MHz.

Pour une exploration :

- de l'abdomen  $f = 3,5$  MHz ;
- de la thyroïde  $f = 6$  MHz ;
- de l'œil  $f = 10$  MHz.

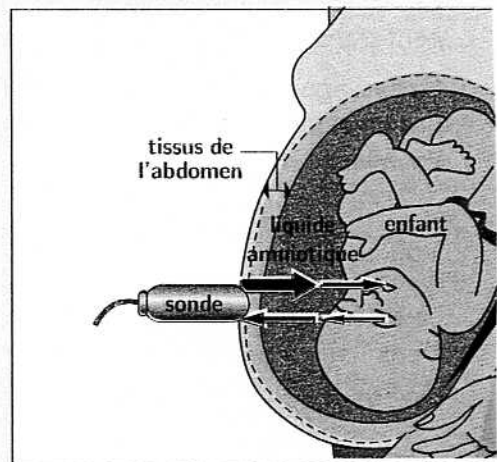


Figure 3. La transmission et la réflexion des ultrasons à l'interface de différents milieux.