

## La physique des ondes

XVIII

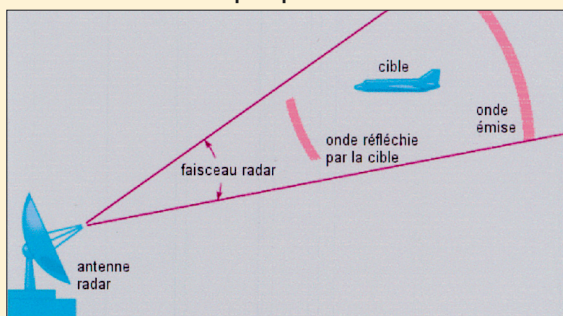
### Le phénomène de l'écho

#### 1. Expérience

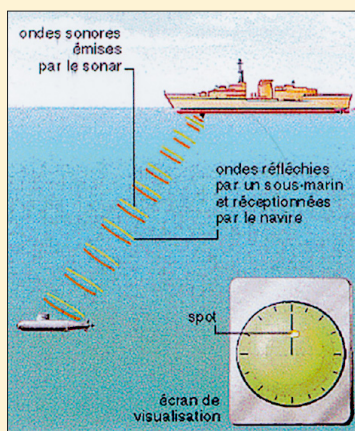
Un générateur à fréquence variable émet de courtes impulsions sonores à basse fréquence. Celles-ci sont réfléchies par l'obstacle (plaque métallique) et sont captées par le micro placé au-dessus du haut-parleur. (Avec l'oscilloscope, on mesure l'intervalle de temps écoulé entre le signal émis et le signal reçu. Connaissant la vitesse de propa-

gation du son dans l'air, il est alors possible de déterminer la distance de l'obstacle).

Ce qui vient d'être expérimenté avec les ondes sonores peut également être réalisé avec des ondes électromagnétiques, comme le montre le dessin ci-dessous (le RADAR: RADio Detecting And Ranging).



#### 2. Le SONAR (SOUND Navigation Ranging)



Dans l'eau, on ne peut utiliser les ondes électromagnétiques car elles n'ont qu'une faible portée dans ce milieu. Le son, au contraire, s'y propage facilement, ce qui donne une portée raisonnable au sonar.

Lorsque l'onde ultrasonore rencontre un obstacle, celle-ci est réfléchiée et renvoyée vers le

bateau. L'intervalle de temps entre le signal émis et le signal reçu permet de calculer la distance à laquelle se situe l'obstacle (c'est ce qu'on appelle l'écholocation).

De plus, suivant l'intensité avec laquelle l'onde revient, les résultats sont traduits par une interface en niveau de gris. En effet, si l'onde revient fortement, elle est réfléchiée par une roche dure; si les fonds sont mous, le signal de retour de l'onde est faible. Les résultats obtenus sont restitués sous forme de cartes. Donc une zone sombre traduit un fond très réfléchissant, et une zone claire un fond très absorbant.

En biologie, les animaux comme les chauves-souris et les dauphins communiquent et localisent leur proie grâce aux ultrasons. Les éléphants communiquent par infrasons (cfr secteur ondes sonores chez les animaux).

## La physique des ondes

### 3. L'échographie



L'échographie utilise le fait que les ultrasons se réfléchissent de façon plus ou moins importante selon la nature des milieux rencontrés. L'émetteur-récepteur d'ultrasons est placé directement sur la peau et chaque fois que les ondes ultrasonores rencontrent une texture tissulaire différente, elles se réfléchissent partiellement.

Les échos sont alors transformés en énergie électrique et visualisés sur un écran.

Les ondes ultrasonores se propagent par la mise en vibration mécanique de molécules dans le milieu de diffusion et ceci, le long de la direction de propagation : des ondes longitudinales sont ainsi créées. Plus les molécules sont fortement liées et lourdes, moins elles seront déplacées par l'onde ultrasonore, et plus rapidement elles reprendront leur position initiale : l'onde ultrasonore sera alors transmise plus rapidement

(340m/s dans l'air ; 1540m/s dans les tissus mous ; 3600m/s dans les tissus osseux).

Le diagnostic ultrasonore repose sur le principe suivant : la sonde envoie des impulsions d'une fréquence définie dans le corps et analyse leurs réflexions.

L'impédance acoustique caractérise le comportement d'un matériau traversé par une onde de pression. Comme sa valeur est très semblable pour les différents tissus du corps humain, le passage d'un tissu à l'autre n'entraîne qu'une perte d'énergie d'environ un pour cent. En revanche, le saut d'impédance lors du passage des tissus, à l'air ou vice-versa, est important : la transmission par une telle interface est très réduite (en appliquant une couche de gel entre la source d'ultrasons et la peau, on minimise cette perte).

L'onde sonore est créée par effet piézo-électrique : le volume de certains cristaux change lorsqu'ils sont soumis à une tension électrique. Lorsqu'une tension alternative est appliquée, le cristal vibre et engendre des oscillations ultrasonores ; à l'inverse, les ondes réfléchies par les tissus peuvent être captées et converties en variations de tension correspondantes.

La distance séparant la sonde des points d'image correspondants est déduite du temps de voyage de l'écho, tandis que la luminosité de ces points est calculée à partir de l'intensité du son.

### 4. Le doppler sanguin

L'échographie Doppler est aussi utilisée en diagnostic prénatal pour évaluer l'irrigation du fœtus. La fréquence de perception d'un signal sonore varie en fonction de la vitesse et de la direction du déplacement de sa source par rapport à l'observateur : c'est l'ef-

fet Doppler. Ainsi, la réflexion de l'onde ultrasonore par le sang en mouvement entraîne une augmentation de sa fréquence lorsque le sang s'écoule vers la source d'ultrasons, et une diminution quand elle s'en éloigne.

## La physique des ondes

En relevant la différence de fréquence entre le signal émis et le signal reçu de manière graphique en fonction du temps, le médecin révèle les caractéristiques du pouls qui correspond à l'action de pompage du cœur. On peut en outre coder en

couleurs les modifications du signal ultrasonore résultant de l'effet Doppler; la circulation du sang vers la source d'ultrasons étant représentée en rouge et celle qui s'en éloigne en bleu.

