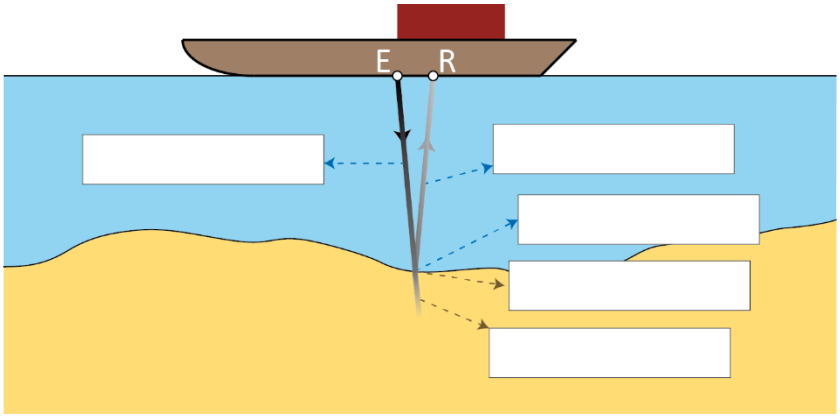
Exercices de la séquence n°9
Observer grâce à la réflexion des ondes

EXERCICE 1 : reconnaître les phénomènes qui affectent la propagation de l'onde

*Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne*

La figure ci-dessous illustre un navire, équipé d'un sonar, qui sonde le fond marin. Une onde ultrasonore est émise en E et reçue en R. Dans chaque cadre, écrire le nom du phénomène qui affecte la propagation de l'onde ultrasonore, parmi : la transmission, l'absorption et la réflexion. Une flèche bleue concerne le phénomène qui affecte l'onde dans l'eau et une flèche marron le phénomène qui affecte l'onde dans le sable.



EXERCICE 2 : QCM

*Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne*

L'échographie est une technique d'imagerie médicale en coupe : des ondes ultrasonores sont envoyés dans l'organisme par une sonde appliquée contre la peau. En changeant de milieu de propagation une partie de l'onde est réfléchie et retourne vers la sonde.
NB : plusieurs réponses sont possibles.

1. Les ondes ultrasonores sont des ondes :
- ☐ mécaniques ;
- ☐ électromagnétiques ;
- ☐ acoustiques ;
- ☐ de fréquence plus basse que les ondes sonores du domaine audible.

2. Les ondes ultrasonores :
- ☐ se propagent plus rapidement dans les liquides que dans les solides ;
- ☐ se propagent plus rapidement dans les solides que dans les liquides.

3. Pour observer des tissus mous, le médecin doit augmenter la fréquence des ondes ultrasonores de 3 à 6 MHz, la longueur d'onde :
- ☐ est inchangée
- ☐ est doublée
- ☐ est divisée par deux

CC BY NC SA

4. Les ondes ultrasonores de fréquence $f = 10\ \text{MHz}$ ont une célérité moyenne dans le corps humain de valeur $v = 1{,}5 \times 10^3\ \text{m.s}^{-1}$. La longueur d'onde des ondes ultrasonores dans le corps humain vaut :
- ☐ $6{,}6 \times 10^3\ \text{m}$
- ☐ $0{,}15\ \text{mm}$
- ☐ $1{,}5\ \text{cm}$

5. La longueur d'onde d'une onde ultrasonore :
- ☐ est fonction de la fréquence d'émission de la sonde ;
- ☐ dépend de l'atténuation.

6. Les ondes ultrasonores sont diffractées par l'ouverture de la sonde. Le phénomène de diffraction est d'autant plus important que :
- ☐ le rapport λ/D est grand ;
- ☐ le rapport λ/D est petit.

7. Lors d'une échographie, la distance d entre la sonde et l'interface visée s'exprime en fonction de sa célérité v et de la durée Δt de son trajet par la relation :
- ☐ $d = \frac{v}{2\Delta t}$
- ☐ $d = \frac{1}{2} v\Delta t$
- ☐ $d = v\Delta t$
- ☐ $d = \frac{v\Delta t}{2}$

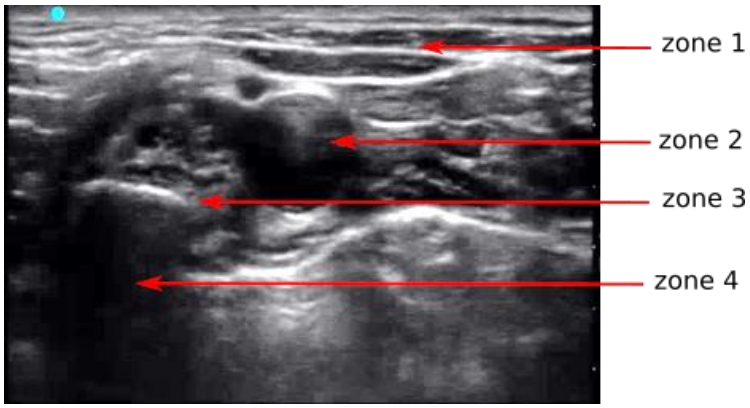
8. Pour qu'une interface entre deux milieux soit bien visible à l'échographie, il faut que :
- ☐ le coefficient énergétique de réflexion soit petit ;
- ☐ le coefficient énergétique de transmission soit petit ;
- ☐ le coefficient énergétique de réflexion soit grand ;
- ☐ le coefficient énergétique de transmission soit grand.

9. Les ondes ultrasonores utilisées en échographie :
- ☐ ont une fréquence comprise entre 2 et 50 MHz ;
- ☐ entrainent un échauffement des milieux traversés ;
- ☐ sont réfléchies par les interfaces à des fréquences différentes de celle émise.

EXERCICE 3 : échographie d'un cou

*Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne*

1. L'image ci-dessous est l'échographie de la base d'un cou. Relier chaque zone à sa légende :



- clavicule
- tissus fibreux de la peau
- cône d'ombre
- vaisseau sanguin

2. Pourquoi voit-on un cône d'ombre sur l'image ?

EXERCICE 4 : illustration du principe de l'échographie

Exercice inspiré du sujet du bac S de juin 2009 (métropole)

L'objectif de cet exercice est d'illustrer le principe de l'échographie linéaire unidimensionnelle.

DOCUMENT 1 : principe de l'échographie

En médecine, l'échographie est un examen courant, indolore et non dangereux permettant l'observation « directe » d'organes internes. La technique de l'échographie utilise des ondes ultrasonores produites par une sonde jouant le rôle d'émetteur et de récepteur. Les fréquences utilisées dépendent des organes ou des tissus biologiques à sonder (2 MHz à 15 MHz).

Pour obtenir une image par échographie on exploite entre autres, les propriétés suivantes des ondes ultrasonores :

- la célérité et l'absorption de l'onde ultrasonore dépendent du milieu traversé ;
- lorsqu'elle change de milieu, une partie de l'onde incidente est réfléchie, l'autre est transmise (elle continue son chemin). On dit qu'il y a réflexion partielle lorsqu'il y a changement de milieu aux interfaces tissulaires.

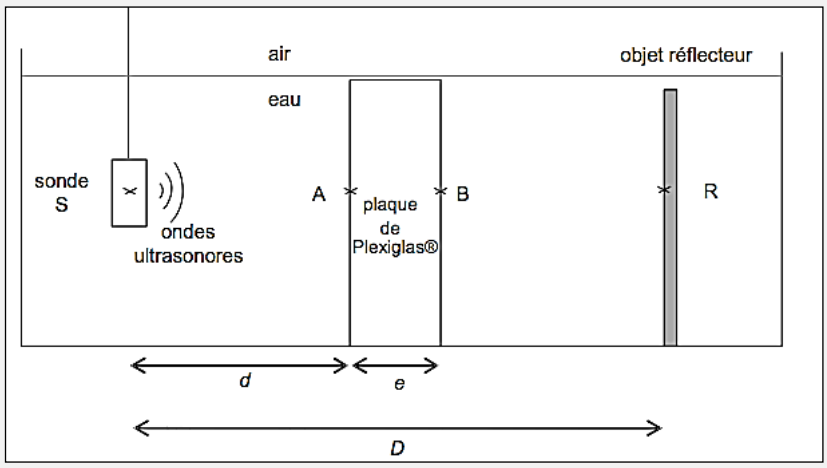
Connaissant les temps de retour des échos, leurs amplitudes et leurs célérités, on en déduit des informations sur la nature et l'épaisseur des tissus traversés. Un ordinateur compile toutes les informations et fournit des images de synthèse des organes sondés.

DOCUMENT 2 : expérimentation

Dans un récipient rempli d'eau, on place une plaque de Plexiglas® d'épaisseur e. L'eau simule le corps humain dont la composition est de 65 à 90 % d'eau (excepté pour les os et les dents). La plaque de plexiglas simule un muscle dense.

Une sonde échographique constituée d'un émetteur et d'un récepteur est plongée dans l'eau. Les signaux émis et reçus par la sonde sont très brefs. Sur les oscillogrammes, on représentera par un pic simple les signaux nécessaires à l'exploitation. On choisit sur les oscillogrammes l'origine des dates à l'instant de l'émission du signal.

Schéma de principe :



DOCUMENT 3 : étude de l'écho

L'oscillogramme figure 2 est obtenu sans la plaque de Plexiglas®. À l'instant t = 0 s on visualise le signal émis par la sonde. À l'instant t_R , on visualise l'écho réfléchi sur l'objet réflecteur, on l'appellera écho de référence.

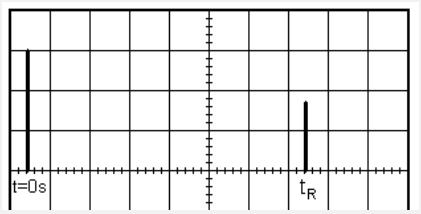


Figure 2
vitesse de balayage de l'oscilloscope : 20 µs/div

DOCUMENT 4 : résultats expérimentaux

L'oscillogramme figure 3 est obtenu avec la plaque de Plexiglas®. t_A et t_B sont les dates auxquelles la sonde détecte les ondes réfléchies par les faces de la plaque de Plexiglas®.
Le nouvel écho de référence arrive à la date t'_R.

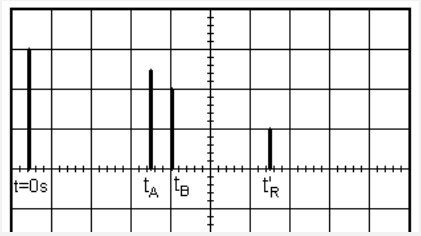


Figure 3
vitesse de balayage de l'oscilloscope : 20 µs/div

DOCUMENT 5 : simulation d'un muscle

On place dans la cuve remplie d'eau un objet en Plexiglas® présentant quatre épaisseurs *e* différentes (voir la figure 4 ci-dessous) simulant la forme d'un muscle.

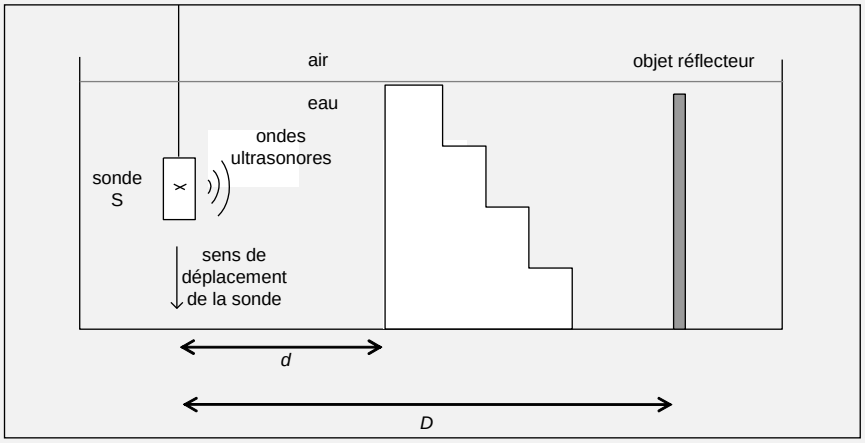


Figure 4

1. À l'aide de l'oscillogramme figure 2, déterminer la date t_R.
2. Établir que l'expression de la date t_R en fonction de la distance D et de la célérité v des ultrasons dans l'eau est :
$$t_R = \frac{2D}{v}$$
3. Les ultrasons se propagent-ils plus vite dans l'eau ou dans le Plexiglas® ? Justifier en comparant les résultats obtenus sur **figures 2** et **3**.
4. Montrer que, la longueur L du trajet total aller-retour du signal dans l'eau uniquement est :
$$L = 2(D - e)$$
5. Comment varie t'_R au fur et à mesure que la sonde descend ? Justifier qualitativement.
6. Comment varient les coefficients énergétiques de réflexion et de transmission à l'interface eau/ Plexiglas® lorsque la sonde descend ? Comment varie le coefficient énergétique d'absorption dans le Plexiglas® lorsque la sonde descend ? Justifier qualitativement.

EXERCICE 5 : interprétation d'une échographie médicale

L'échographie est une technique médicale permettant de détecter la présence de calculs rénaux en utilisant une sonde à ultrasons.

DOCUMENT 1 : image échographique d'un calcul rénal

La fréquence de l'onde ultrasonore utilisée pour réaliser cette image est de $6{,}6\ MHz$.



Source : www.commons.wikimedia.org © Nevit Dilmen / CC BY-SA

Figure 1 – échographie d'un calcul rénal

DOCUMENT 2 : Enregistrement des échos

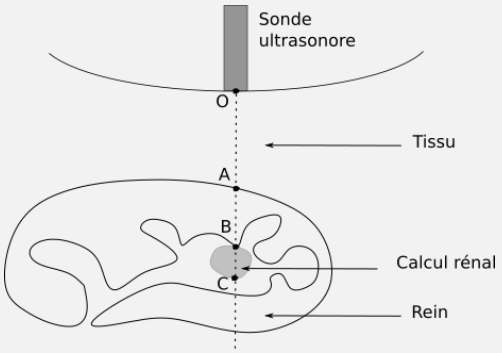
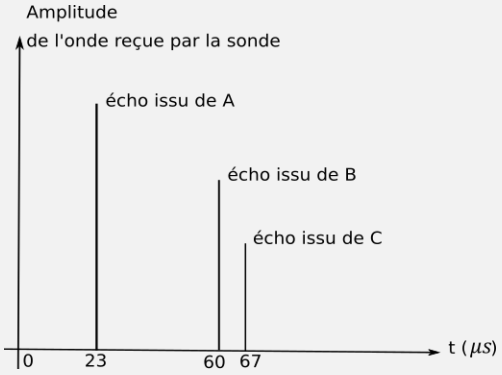


Figure 2 : schématisation de la situation

Une onde ultrasonore incidente est émise à l'instant t=0 au point O. Ci-dessous, l'enregistrement des échos renvoyés par les surfaces de séparation des différents milieux : sur le rein en A, sur le calcul rénal en B puis en C.



DOCUMENT 3 : Vitesse de propagation de l'onde ultrasonore

La vitesse de propagation des ondes ultrasonores dépend du milieu traversé. Elle vaut :

- Dans le tissu $v_{tissu} = 1400\ m.s^{-1}$
- Dans le rein $v_{rein} = 1500\ m.s^{-1}$
- Dans le calcul rénal $v_{calcul} = 1540\ m.s^{-1}$

1. En échographie, la résolution latérale correspond à la longueur d'onde de l'onde ultrasonore. Calculer la résolution latérale de cette image échographique.
2. En observant l'image du rein obtenue par échographie quelle est l'interface qui a le plus grand coefficient énergétique de réflexion, « Tissu/rein » ou « Rein/calcul » ? Justifier votre réponse.
3. Quel phénomène physique est responsable du cône d'ombre derrière le calcul rénal ?
4. On voit dans le rein certaines zones noires dues à un liquide, d'après vos connaissances personnelles, quel est le nom donné à ce liquide ?
5. Question ouverte : à l'aide des documents :
   - estimez à quelle distance OA de la peau se situe le rein ;
   - puis estimez le diamètre BC du calcul rénal.
   - vérifier vos résultats à l'aide des données du document 1.