



Chapitre 2 Propagation des ondes sonores ; application à l'imagerie médicale

Activité d'introduction : Ondes sonores et ondes électromagnétiques

De nombreuses techniques d'imagerie médicale reposent sur les ondes. Partons à la découverte de ces ondes.

Nous évoluons dans un « bain d'ondes ».

Écoutez un morceau de musique : en vibrant, l'émetteur (une corde de guitare par exemple) comprime périodiquement la matière environnante et crée ainsi une onde sonore dont vos oreilles perçoivent les effets.

Regardez autour de vous : les objets que vous voyez sont autant de sources d'ondes lumineuses, auxquelles vos yeux sont sensibles.

Cependant, un simple écart de fréquence peut nous rendre « insensibles » à ces ondes. Les ultrasons, par exemple, ont une fréquence trop élevée pour que nous les entendions. Les ondes produites par les appareils wifi ou les téléphones portables, les ondes radio ou radar font partie des ondes électromagnétiques comme la lumière, mais leur fréquence les rend invisibles pour nous.

Toutes ces ondes nous entourent, nous percutent et peuvent nous traverser de part en part.

Un même milieu, vide ou matériel, peut en effet être opaque à certaines ondes et transparent à d'autres. Enfermons par exemple un téléphone portable sous une cloche en verre. Aspirons l'air à l'intérieur de la cloche et faisons sonner le téléphone. La sonnerie est pratiquement inaudible alors que nous voyons bel et bien le cadran du téléphone s'illuminer.

1. Nommer les ondes détectées par notre oreille puis celles détectées par nos yeux.
2. Que veut dire « milieu opaque à certaines ondes » et « milieu transparent à certaines ondes » ?
3. Donner un exemple de milieu opaque aux ondes lumineuses et transparent (au moins en partie) aux ondes sonores.
4. Les ondes électromagnétiques se propagent-elles dans le vide ? Les ondes sonores se propagent-elles dans le vide ? Justifier à l'aide du document.
5. Le soleil produit des ondes lumineuses. Il émet aussi des ondes électromagnétiques non visibles. Donner un exemple d'ondes électromagnétiques non visibles et indiquer la grandeur physique qui fait qu'elles sont invisibles.
6. Un téléphone portable est une source de différentes ondes : onde électromagnétique qui permet de communiquer avec un autre appareil, onde sonore qui permet de l'entendre sonner, ou encore onde électromagnétique lumineuse qui permet de le voir. Le mur d'une chambre constitue-t-il un milieu plutôt « opaque » ou plutôt « transparent » pour chacune de ces ondes ?



Activité 1 : Les ultra-sons au service de l'échographie

Objectifs : *Savoir que les ondes sonores peuvent être réfléchies, absorbées et/ou transmises par un obstacle. Reconnaître le phénomène physique pertinent pour interpréter l'échographie.*

L'échographie est une technique d'imagerie employant des ultrasons de fréquences comprises entre quelques mégahertz et une vingtaine de mégahertz. Ces ondes peuvent être absorbées, transmises ou réfléchies par les matériaux qu'elles rencontrent. Dans l'air, les ultrasons se propagent à une vitesse de 340 m/s à 20°C (cette vitesse dépend légèrement de la température). Mais comme toutes les ondes mécaniques, les ultrasons ne se propagent pas que dans l'air. Ils peuvent aussi se propager dans certains matériaux, à des vitesses différentes. L'échographie est basée sur la réflexion des ultrasons pour déterminer des distances entre différents tissus mais peut aussi utiliser l'absorption pour connaître la nature de certains tissus ou les anomalies de certains organes. Elle est utilisée en médecine mais peut être employée en recherche, en exploration vétérinaire, dans l'industrie, ou même pour aider à garer un véhicule...

Un échographe médical est constitué :

- d'une sonde, constituée à la fois d'un émetteur d'ultrasons (qui envoie des ultrasons) et d'un récepteur d'ultrasons (qui reçoit des ultrasons) ;

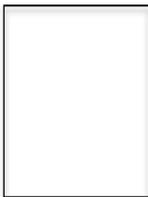
- d'un système informatique permettant d'enregistrer les données émises et reçues et de les transformer pour permettre à l'utilisateur de visualiser l'intérieur de ce qui est « sondé ».

La photographie ci-contre présente une analyse du mollet d'une personne par échographie.



Questions

1. a. Compléter le schéma ci-dessous représentant la sonde (contenant l'émetteur et le récepteur) et le muscle du mollet en traçant des trajets des ultrasons correspondant au cas de la réflexion des ultrasons sur le mollet.



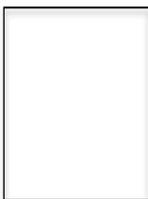
Sonde (émetteur + récepteur)



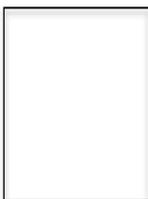
Muscle

b. p

- b- Compléter le schéma ci-dessous pour rendre compte du cas de la transmission des ultrasons à travers le mollet.



- c- Proposer enfin ci-dessous une représentation qui illustrerait l'absorption par le mollet.



2. En vous aidant du schéma de la question 1a (réflexion), indiquer où l'on peut placer une sonde équivalente (avec émetteur et récepteur) dans une voiture pour aider un conducteur à se garer.



Activité 2 : Choix d'un objet qui réfléchit les ultrasons.

Objectif : *utiliser un ou plusieurs phénomènes vus dans l'activité 1 pour choisir un matériau qui permet de reproduire ce qui se passe pour l'échographie.*

Vous disposez :

- d'un GBF et d'une carte d'acquisition permettant d'observer si un récepteur d'ultrason reçoit des ultrasons (la carte permet de faire afficher sur un ordinateur la tension délivrée par le récepteur, en ordonnée, en fonction du temps, en abscisse) ;
- d'un émetteur d'ultrasons branché au GBF mais pas à la carte d'acquisition ;
- d'un récepteur déjà branché sur la carte ;
- de trois objets : une plaque de carton, une plaque de mousse, une planche de bois...

Vous devez résoudre expérimentalement le problème suivant :

Avec lequel de ces trois objets peut-on faire faire un aller-retour aux ultrasons comme lors d'une échographie ?

Vous respecterez les étapes suivantes pour la résolution du problème :

Partie 1

1. Parmi les phénomènes *réflexion*, *absorption* et *transmission*, lequel doit avoir lieu ici pour résoudre le problème ?
2. Prévoyez si chacun des objets peut faire faire un aller-retour aux ultrasons. Donnez une ou plusieurs raisons de votre choix.
3. Imaginez une expérience pour confirmer ou non chaque prévision et faites en le schéma. Indiquez ce que vous prévoyez d'observer et **justifiez vos prévisions.**

Partie 2

ATTENTION : A cette étape, vous échangez votre travail avec un groupe pour une évaluation qui va vous servir à améliorer l'expérience que vous prévoyez de faire

4. En respectant les *règles de bonne conduite*, évaluez le travail réalisé par l'autre groupe. Pour cela, utilisez la grille d'évaluation fournie. Indiquez également les éléments intéressants qui ne figurent pas dans la grille.
5. Récupérez votre travail évalué. Modifiez votre document en tenant compte des commentaires reçus.

Partie 3

6. Réalisez l'expérience, notez les observations et écrivez en quoi vos observations confirment ou non vos prévisions.
ATTENTION : il faut que vous donniez les éléments nécessaires à ceux qui vont étudier votre document pour qu'ils vérifient par eux-mêmes vos observations.
7. Répondez au problème posé au début de l'activité.

Pour aller plus loin

Donnez une similitude et une différence entre l'expérience que vous venez de faire (pour l'objet qui permet de faire faire un aller-retour) et l'échographie décrite dans l'activité 1.

Partie 4 : Échangez à nouveau vos réponses avec un autre groupe.

En respectant les règles de bonne conduite, évaluez le travail réalisé par l'autre groupe. Pour cela, utilisez la grille d'évaluation par les pairs. Indiquez également les éléments intéressants qui ne figurent pas dans la grille. Vos commentaires **doivent être utiles pour améliorer leur document**

Partie 5

Amélioration de votre travail (groupe de 2 binômes ou trinômes)

Regroupez-vous entre évaluateurs et évalués, échangez vos avis et améliorez votre document écrit



Activité 3 : A quelle distance d'un repère un objet est-il situé ?

Vous disposez :

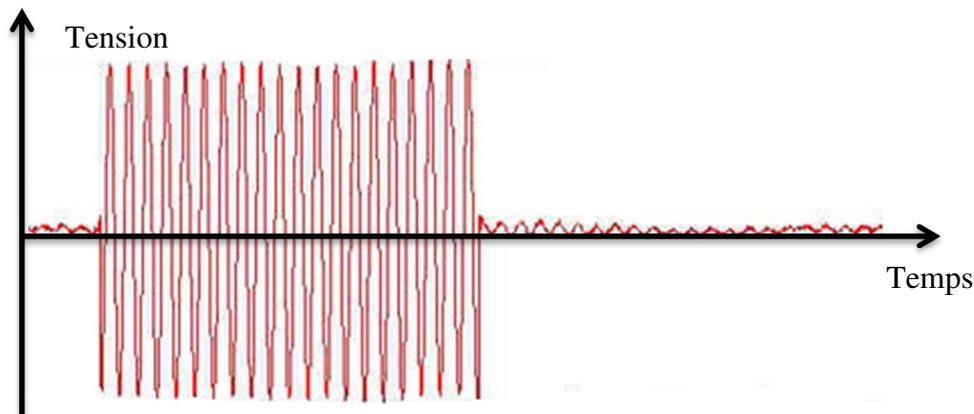
- d'un émetteur d'ultrasons branché à un GBF : cet émetteur émet des ultrasons lorsque vous appuyez sur le bouton poussoir ;
- d'une carte d'acquisition permettant d'observer à la fois la tension alimentant l'émetteur et la tension délivrée par un récepteur s'il reçoit des ultrasons ;
- de l'objet qui réfléchit les ultrasons (trouvé à l'activité précédente).

Avec ce matériel, et sans faire de mesure directe avec une règle, vous devez déterminer la distance entre le dispositif émetteur-récepteur et l'objet qui réfléchit les ultrasons.

Tous vos résultats seront indiqués sur un poster au format A3.

1^{ère} partie - Mise en place du dispositif

- 1 Sur votre poster, faire un schéma simple donnant les positions de l'émetteur, du récepteur et de l'objet qui réfléchit les ultrasons en faisant apparaître la distance d entre l'émetteur et l'objet
- 2 Avec un tel dispositif, on peut observer la tension de l'émetteur comme sur la courbe ci-dessous. Prévoir la position de la courbe représentant la tension que pourrait donner le récepteur si l'objet réfléchit les ultrasons (la coller au bon endroit). Justifier votre prévision.



- 3 Réaliser l'expérience pour valider ou invalider votre prévision (si possible imprimer les courbes).

Utilisation du dispositif pour déterminer la distance d

On rappelle que dans l'air la vitesse des ultrasons dans l'air $v = 340\text{m/s}$.

- 4 Avec ce matériel, déterminez la distance entre le dispositif émetteur-récepteur et l'objet qui réfléchit les ultrasons.

Sur votre poster présentez :

- l'expérience,
- les mesures que vous avez réalisées
- la formule que vous avez utilisée et les calculs que vous avez faits
- la distance que vous avez trouvée
- la comparaison avec la mesure directe à la règle.

2^e partie : évaluation par un autre groupe

Vous donnez votre poster à un autre groupe qui en retour vous donne sa rédaction.

Vous allez évaluer le travail réalisé par l'autre groupe pour qu'ensuite il puisse l'améliorer ; vous utiliserez la grille fournie par le professeur pour évaluer, en suivant les règles de bonne conduite.

Cochez une case par compétence (cocher la colonne de droite si vous ne comprenez pas une compétence)

Rédigez ensuite les raisons de votre jugement.

Si vous estimez qu'il y a des choses bien faites qui ne figurent pas dans la grille, les indiquer.

3^e partie : Amélioration de votre travail

Retravailler votre document à partir des commentaires du groupe qui a analysé votre travail