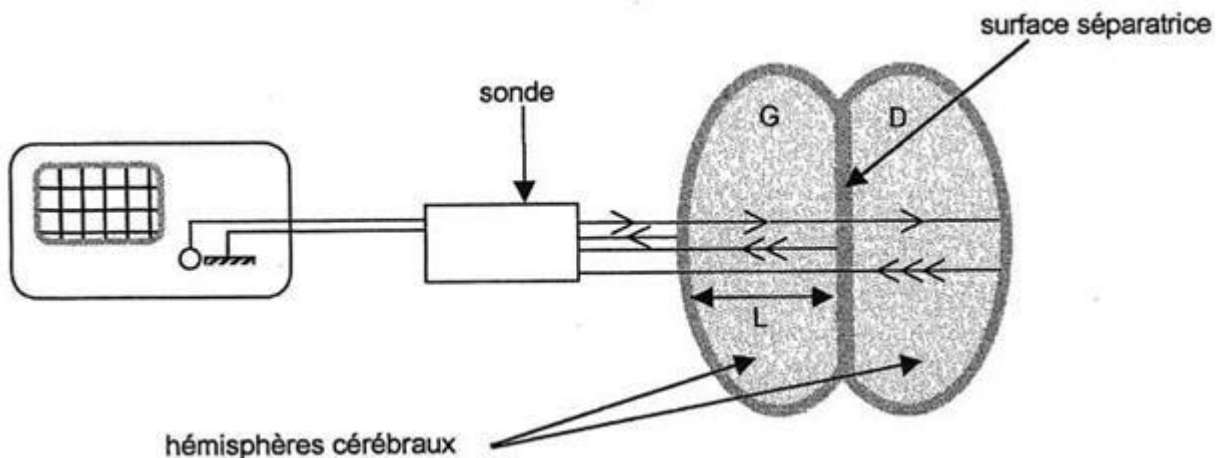


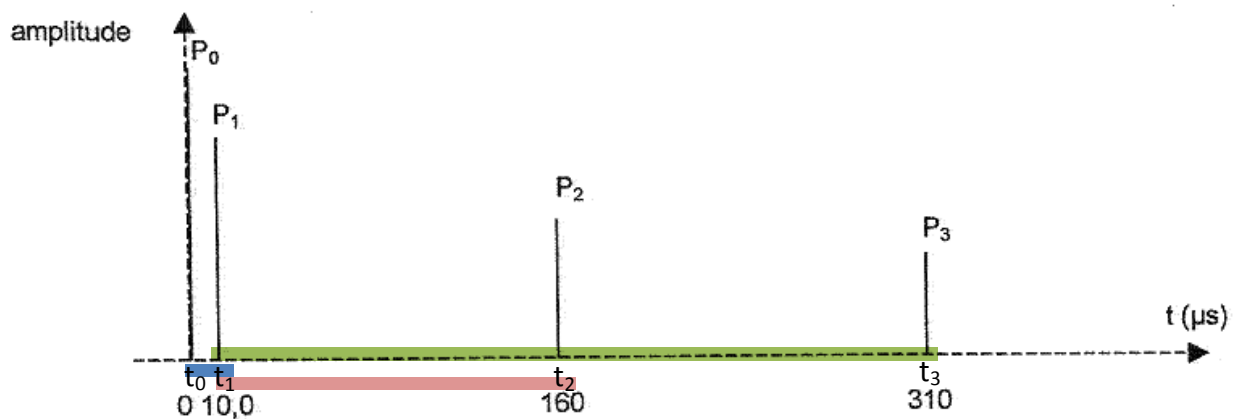
Exercices : échographie

I. Echographie du cerveau

Une sonde, jouant le rôle d'émetteur et de récepteur, envoie une impulsion ultrasonore de faible durée et de faible puissance en direction du crâne d'un patient. L'onde sonore pénètre dans le crâne, s'y propage et s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu. Les signaux réfléchis génèrent des échos qui, au retour sur la sonde, y engendrent une tension électrique très brève. Un oscilloscope relié à la sonde permet la détection à la fois de l'impulsion émettrice et des divers échos.



L'oscillogramme obtenu sur un patient permet de tracer l'échogramme ci-dessous ; la durée d'émission de l'impulsion étant très brève ainsi que celle des échos, on observe sur l'écran des pics verticaux : P_0 , P_1 , P_2 , P_3 .

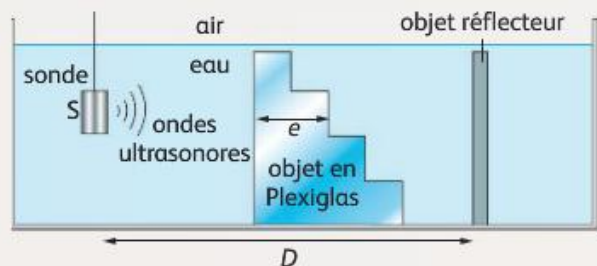


P_0 correspond à l'émission à l'instant de date $t = 0$ s de l'impulsion ; P_1 à l'écho dû à la réflexion sur la surface externe de l'hémisphère gauche (G sur le schéma) ; P_2 à l'écho sur la surface de séparation des deux hémisphères ; P_3 à l'écho sur la surface interne de l'hémisphère droit (D sur le schéma). La célérité des ultrasons dans les hémisphères est $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

- Sur le schéma, surligner les parcours effectués pendant les durées $t_1 - t_0$ (en bleu), $t_2 - t_1$ (en rouge) et $t_3 - t_2$ (en vert)
- Quelles sont les durées de parcours de l'onde ultrasonore dans l'hémisphère gauche (Δt_g) ainsi que dans le droit (Δt_d) ?
- En déduire la largeur L de chaque hémisphère.

Doc. 1 Modèle pour illustrer le principe de l'échographie

Dans un récipient rempli d'eau, on place un objet en Plexiglas d'épaisseur e . Une sonde étanche constituée d'un émetteur et d'un récepteur d'ultrasons est plongée dans l'eau. Le schéma de principe est donné sur la figure ci-dessous.

**Données**

– Vitesse v des ultrasons dans l'eau dans les conditions de l'expérience : $1,5 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

a. Dans le modèle décrit dans le document 1 :

– Quelle partie simule le corps humain dans sa globalité ?
 – Quelle partie simule un muscle ? Un os ?
 – Quelle opération réalisée dans l'expérience ne correspond pas à la réalité de mise en œuvre de l'échographie ?

b. À partir des résultats expérimentaux, déterminer la valeur de la distance D entre la source S et le récepteur R .

c. Les ultrasons se propagent-ils plus vite dans l'eau ou dans le Plexiglas ? Justifier la réponse sans calcul en comparant les résultats présentés dans le document 2.

d. Comment varient t_A , t_B et t'_R au fur et à mesure que la sonde descend ? Justifier.

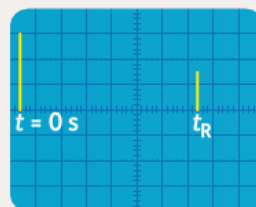
Doc. 2 Résultats expérimentaux

Les signaux émis et reçus par la sonde sont très brefs. Sur les oscillogrammes ci-après, obtenus lorsque la sonde occupe une position fixe par rapport au fond de la cuve, on représente par un pic simple les signaux nécessaires à l'exploitation. À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ on visualise le signal émis par la sonde.

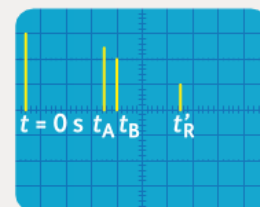
L'oscillogramme de la figure 1 est obtenu **sans** la plaque de Plexiglas. À l'instant de date t_R , on visualise l'écho réfléchi sur l'objet réflecteur ; on l'appellera écho de référence.

L'oscillogramme de la figure 2 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 1**



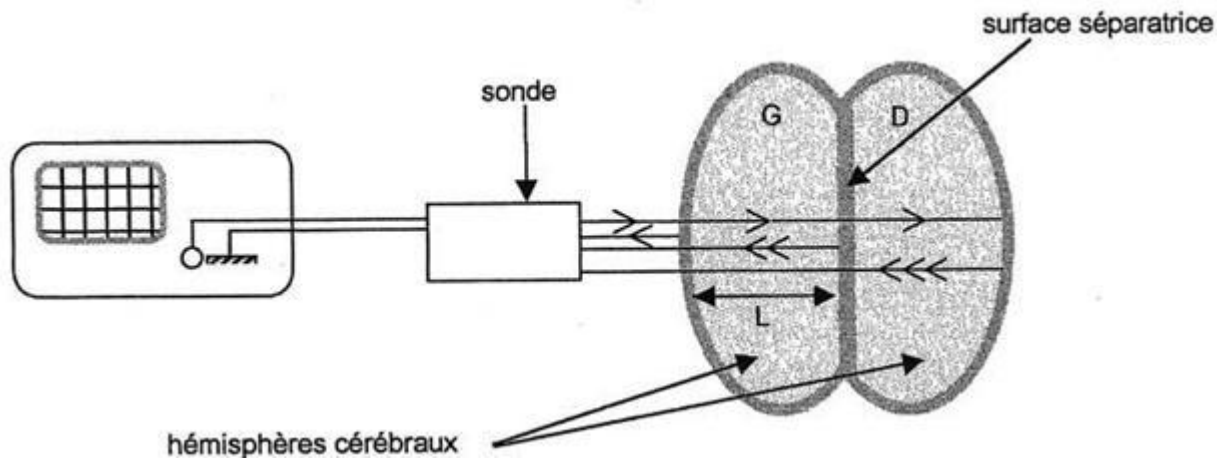
➤ **Figure 2**

La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est identique pour les deux oscillogrammes : $b = 20 \mu\text{s} \cdot \text{div}^{-1}$.

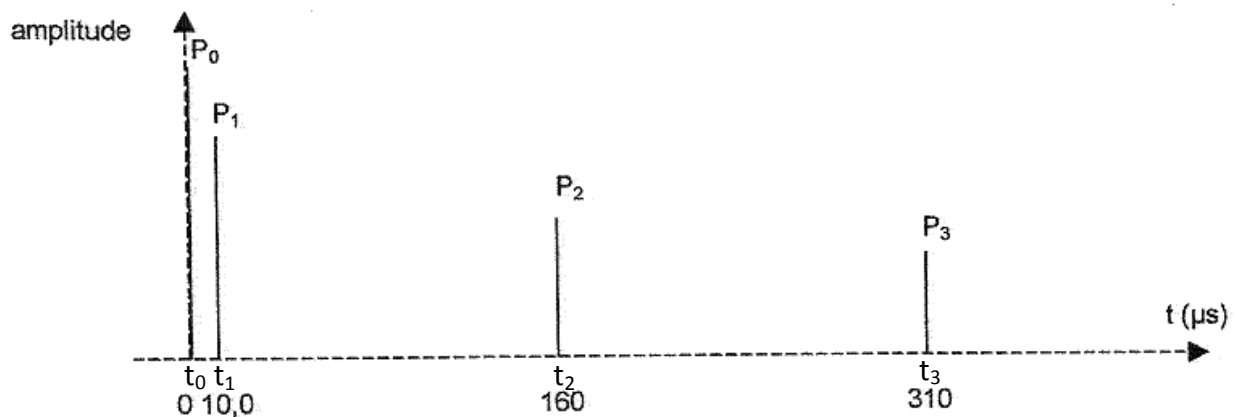
Exercices : échographie

I. Echographie du cerveau

Une sonde, jouant le rôle d'émetteur et de récepteur, envoie une impulsion ultrasonore de faible durée et de faible puissance en direction du crâne d'un patient. L'onde sonore pénètre dans le crâne, s'y propage et s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu. Les signaux réfléchis génèrent des échos qui, au retour sur la sonde, y engendrent une tension électrique très brève. Un oscilloscope relié à la sonde permet la détection à la fois de l'impulsion émettrice et des divers échos.



L'oscillogramme obtenu sur un patient permet de tracer l'échogramme ci-dessous ; la durée d'émission de l'impulsion étant très brève ainsi que celle des échos, on observe sur l'écran des pics verticaux : P_0 , P_1 , P_2 , P_3 .



P_0 correspond à l'émission à l'instant de date $t = 0$ s de l'impulsion ; P_1 à l'écho dû à la réflexion sur la surface externe de l'hémisphère gauche (G sur le schéma) ; P_2 à l'écho sur la surface de séparation des deux hémisphères ; P_3 à l'écho sur la surface interne de l'hémisphère droit (D sur le schéma). La célérité des ultrasons dans les hémisphères est $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

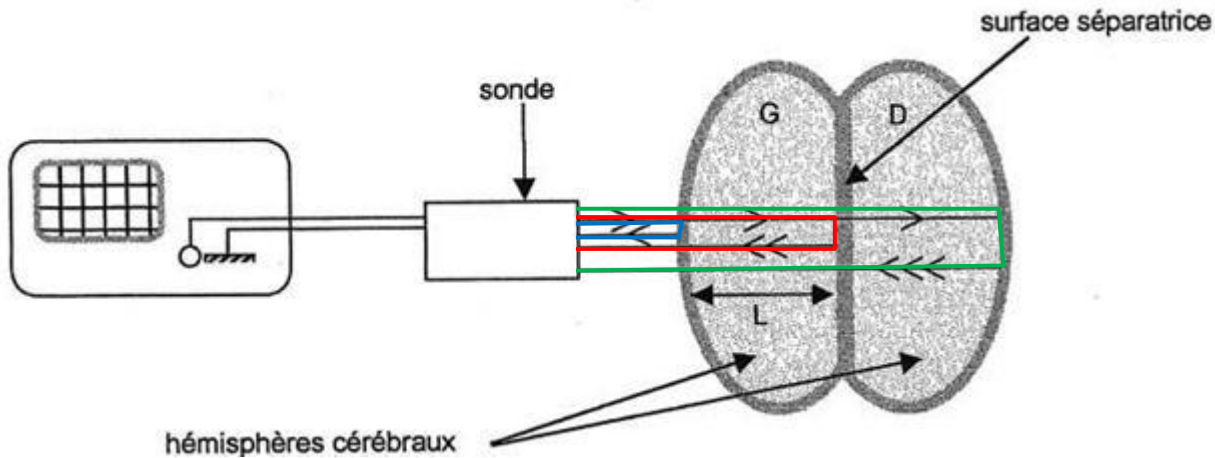
- Sur le schéma, surligner les parcours effectués pendant les durées $t_1 - t_0$ (en bleu), $t_2 - t_1$ (en rouge) et $t_3 - t_2$ (en vert)
- Quelles sont les durées de parcours de l'onde ultrasonore dans l'hémisphère gauche (Δt_g) ainsi que dans le droit (Δt_d) ?
- En déduire la largeur L de chaque hémisphère.

II. Exercices n°29 P 86

Correction

I. Echographie du cerveau

a. Parcours :



b. Durées de parcours dans chaque hémisphère :

$$\Delta t_g = t_2 - t_0 - (t_1 - t_0) = t_2 - t_1 = 150 \mu s$$

$$\Delta t_d = t_3 - t_0 - (t_2 - t_0) = t_3 - t_2 = 150 \mu s$$

c. Largeur des hémisphères :

$$L = 1/2 \cdot v \cdot \Delta t \quad \text{A.N.} \quad L = 1/2 \times 1500 \times 150 \times 10^{-6} = 0,113 \text{ m} \quad \text{soit} \quad 11,3 \text{ cm}$$

II. Exercice n°29 P 86

a. Le corps humain est simulé par l'eau, le plexiglas et le réflecteur.

Le muscle est simulé par le plexiglas (partiellement transmetteur, réflecteur et absorbeur de l'onde ultrasonore)

L'os est simulé par le réflecteur (ne transmet pas ; réfléchit et absorbe)

En réalité, la sonde n'est pas « plongée » dans le corps humain : il ne s'agit pas d'un geste invasif.

b. La durée de l'aller retour entre l'émission et la réception de l'onde est $\Delta t_R = t_R - t_0$

Mesure sur l'oscillogramme 1 : $\Delta t_R = 7 \times 20 = 140 \mu s$

On en déduit la distance D entre S et R :

$$D = 1/2 \cdot v \cdot \Delta t_R \quad \text{A.N.} \quad D = 1/2 \times 1500 \times 140 \times 10^{-6} = 0,105 \text{ m} \quad \text{soit} \quad 10,5 \text{ cm}$$

c. En comparant les oscillogrammes 1 et 2 on constate que lorsqu'on introduit le morceau de plexiglas, la durée $\Delta t_{R'}$ est plus courte que Δt_R : la même distance est parcourue pendant une durée plus courte ; les ondes se propagent donc plus rapidement dans le plexiglas que dans l'eau.

d. t_A ne varie pas : l'onde parcourt toujours la même distance dans le même milieu (eau)

t_B augmente : l'onde parcourt davantage de distance dans le plexiglas (la réflexion sur la 2^{ème} face du plexiglas est retardée car elle augmente)

$t_{R'}$ diminue : l'onde parcourt toujours la même distance mais elle parcourt davantage de distance dans le plexiglas où cette onde se propage plus rapidement.

Calcul de la vitesse dans le plexiglas :

A partir de l'oscillogramme 2 :

$$D - e = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eau}} \cdot (\Delta t_{R'} - (t_B - t_A))$$

$$D = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{eau}} \cdot \Delta t_R$$

$$e = \frac{1}{2} \cdot v_p \cdot (t_B - t_A)$$

$$v_{\text{eau}} \cdot \Delta t_R - v_p \cdot (t_B - t_A) = v_{\text{eau}} \cdot (\Delta t_{R'} - (t_B - t_A))$$

$$v_p = \frac{v_{\text{eau}} \cdot (\Delta t_R - \Delta t_{R'} + (t_B - t_A))}{t_B - t_A}$$

$$\text{A.N.} \quad v_p = \frac{1500 \times (140 - 120 + 12)}{12} = 4000 \text{ m.s}^{-1}$$