Exercice 1 : Période et fréquence d'un signal

8 points

1) La **période** T d'un signal périodique est la plus petite durée au bout de laquelle le signal se reproduit identique à lui-même : c'est la durée d'un motif élémentaire. Elle s'exprime en secondes (s).

2) La **fréquence** f d'un signal périodique est le nombre de motifs (de périodes) qui se reproduisent en une seconde. Elle s'exprime en hertz (Hz).

3) La fréquence est l'inverse de la période :

$$\boxed{f = \frac{1}{T}}$$ avec f en hertz (Hz) et T en secondes (s).

4) *Ce qu'ils ont en commun* : les deux signaux se répètent au même rythme. Le signal (a) présente un pic vers $t = 0{,}2\,\mathrm{ms}$, puis vers $3{,}2\,\mathrm{ms}$ et $6{,}2\,\mathrm{ms}$; le signal (b) a lui aussi un maximum tous les $3{,}0\,\mathrm{ms}$. Ils ont donc la **même période** $T = 3{,}0\,\mathrm{ms}$, donc la **même fréquence** ($f = \frac{1}{T} \approx 3{,}3 \times 10^2\,\mathrm{Hz}$) : les deux sons ont la **même hauteur**.

Ce qui les différencie :

- leur **forme** (leur motif) n'est pas la même : les deux sons n'ont pas le même **timbre** (ils sont, par exemple, émis par deux instruments différents) ;
- leur **amplitude** n'est pas la même : environ $350\,\mathrm{mV}$ pour (a) et $230\,\mathrm{mV}$ pour (b). Enregistrés dans les mêmes conditions, le son (a) serait perçu plus fort que le son (b).

5) Pour gagner en précision, on mesure la durée de plusieurs motifs. Le signal passe par 0 en croissant à $t = 0\,\mu\mathrm{s}$, puis à $12{,}5\,\mu\mathrm{s}$ et à $25{,}0\,\mu\mathrm{s}$: deux périodes durent $25{,}0\,\mu\mathrm{s}$.

$$2T = 25{,}0\,\mu\mathrm{s} \quad \Longrightarrow \quad T = \frac{25{,}0\,\mu\mathrm{s}}{2} = \boxed{12{,}5\,\mu\mathrm{s}} = 1{,}25 \times 10^{-5}\,\mathrm{s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}25 \times 10^{-5}\,\mathrm{s}} = \boxed{8{,}00 \times 10^4\,\mathrm{Hz}} = 80{,}0\,\mathrm{kHz}$$

Cette fréquence est supérieure à $20\,\mathrm{kHz}$: il s'agit d'un ultrason, inaudible pour l'être humain.

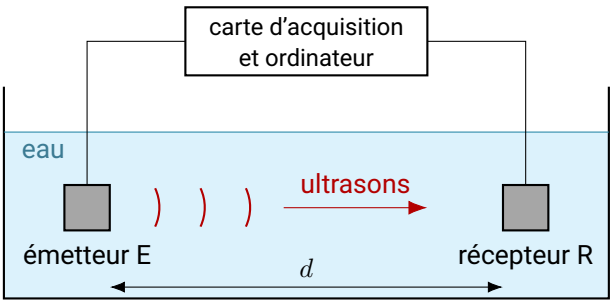
Exercice 2 : Vitesse des ultrasons dans l'eau

7 points

1) Un **ultrason** est une onde sonore (une onde mécanique, qui a besoin d'un milieu matériel pour se propager) que l'oreille humaine ne peut pas percevoir, car sa fréquence est trop élevée.

La grandeur qui le caractérise est la **fréquence** : un ultrason a une fréquence **supérieure à** $20\,\mathrm{kHz}$ (les sons audibles ont une fréquence comprise entre $20\,\mathrm{Hz}$ et $20\,\mathrm{kHz}$ environ).

2) Schéma de l'expérience :



3) L'impulsion est émise à $t = 0\,\text{s}$; le récepteur commence à capter le signal à $t = 2{,}20\,\text{ms}$ (lecture graphique). La durée de propagation des ultrasons sur la distance d est donc :

$$\Delta t = 2{,}20\,\text{ms} = 2{,}20 \times 10^{-3}\,\text{s}$$

Avec $d = 325\,\text{cm} = 3{,}25\,\text{m}$, la vitesse de propagation vaut :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{3{,}25\,\text{m}}{2{,}20 \times 10^{-3}\,\text{s}} = 1\,477\,\text{m·s}^{-1} \approx \boxed{1{,}48 \times 10^{3}\,\text{m·s}^{-1}}$$

(une lecture $\Delta t = 2{,}2\,\text{ms}$ donne $1{,}5 \times 10^{3}\,\text{m·s}^{-1}$: accepté).

Pour convertir en km·h^{-1}, on multiplie par $3{,}6$ (car $1\,\text{m·s}^{-1} = \dfrac{1 \times 10^{-3}\,\text{km}}{1\,\text{h}/3600} = 3{,}6\,\text{km·h}^{-1}$), en gardant la valeur non arrondie :

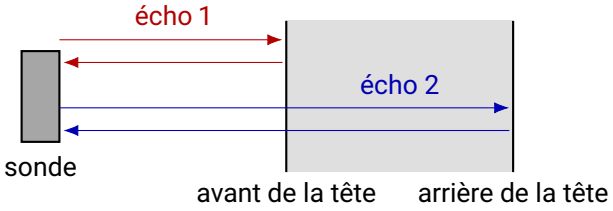
$$v = 1\,477\,\text{m·s}^{-1} \times 3{,}6 \approx \boxed{5{,}32 \times 10^{3}\,\text{km·h}^{-1}}$$

Exercice 3 : L'échographie

5 points

1) La sonde émet une impulsion ultrasonore qui se propage dans le corps de la mère. Chaque fois que les ultrasons rencontrent une membrane (changement de milieu), une partie est **réfléchie** vers la sonde, qui la reçoit : c'est un écho.

- Le **premier écho** provient de la réflexion sur la membrane située à l'**avant** de la tête du fœtus (à la distance d_2 de la sonde).
- Le **second écho** provient de la réflexion sur la membrane située à l'**arrière** de la tête du fœtus (à la distance d_1), après la traversée de la tête.



2) Pour le premier écho, les ultrasons font un aller-retour entre la sonde et l'avant de la tête : ils parcourent la distance $2d_2$ pendant la durée $t_1 = 70{,}0\,\mu\text{s}$. D'après la relation « distance = vitesse × durée » :

$$2d_2 = v_{\text{us}} \times t_1 \quad \Longrightarrow \quad d_2 = \frac{v_{\text{us}} \times t_1}{2}$$

$$d_2 = \frac{1{,}50 \times 10^3\,\text{m·s}^{-1} \times 70{,}0 \times 10^{-6}\,\text{s}}{2} = 5{,}25 \times 10^{-2}\,\text{m} = \boxed{5{,}25\,\text{cm}}$$

3) De même, pour le second écho, les ultrasons parcourent $2d_1$ pendant $t_2 = 150\,\mu\text{s}$:

$$d_1 = \frac{v_{\text{us}} \times t_2}{2} = \frac{1{,}50 \times 10^3\,\text{m·s}^{-1} \times 150 \times 10^{-6}\,\text{s}}{2} = 0{,}1125\,\text{m} \approx \boxed{11{,}3\,\text{cm}}$$

4) Le diamètre de la tête est la différence des deux distances (on garde la valeur non arrondie de d_1) :

$$D = d_1 - d_2 = 11{,}25\,\text{cm} - 5{,}25\,\text{cm} = \boxed{6{,}00\,\text{cm}}$$

Autre méthode : $D = \dfrac{v_{\text{us}} \times (t_2 - t_1)}{2} = \dfrac{1{,}50 \times 10^3\,\text{m·s}^{-1} \times 80{,}0 \times 10^{-6}\,\text{s}}{2} = 6{,}00 \times 10^{-2}\,\text{m}$, même résultat.