

Correction du DS n°1

1^{ère} Partie : Dimensions, unités, conversions et définitions (≈ 40 min)

I.A)

I.A.1) σ est « sigma » (minuscule)

I.A.2) D'après la définition : $[\sigma] = \frac{[masse]}{[surface]} = \frac{M}{L^2}$ d'où : $[\sigma] = M \cdot L^{-2}$

I.A.3) $\sigma_{max} = 10 \text{ q} \cdot \text{ha}^{-1} = 10 \times \frac{1 \cdot 10^2 \text{ kg}}{(10^2 \text{ m})^2} = 0,10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} = \underline{0,10 \text{ USI}}$

I.A.4) Déterminons le nombre N de vaches qui amène à la valeur de σ_{max} : $\sigma_{max} = \frac{N \times m}{S} \Leftrightarrow N = \frac{\sigma_{max} S}{m}$

A.N. : $N = \frac{0,10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \times 15 \cdot (10^2 \text{ m})^2}{7,0 \cdot 10^2 \text{ kg}} \in [21, 22]$, donc Raymond ne peut pas mettre plus de N = 21 vaches dans son champ (on va éviter de découper les vaches dans le champ...).

I.B)

a) $1 \mu\text{A} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot (10^{-3} \text{ k})\text{A} = \underline{1 \cdot 10^{-9} \text{ kA}}$

b) $160 \text{ m}^3 = 160 \cdot (10^3 \text{ L}) = 160 \cdot 10^3 \cdot (10^1 \text{ d}) \text{ L} = \underline{1,60 \cdot 10^6 \text{ dL}}$

c) $20 \text{ kWh} = 20 \cdot 10^3 \text{ (J} \cdot \text{s}^{-1}) \cdot (3600 \text{ s}) = 7,2 \cdot 10^7 \text{ J} = \underline{7,2 \cdot 10^7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \text{ (USI)}}$

d) $1 \text{ nF} \cdot \text{Mm}^{-1} = 1 \cdot (10^{-9} \text{ F}) \cdot (10^{-6} \text{ Mm})^{-1} = 1 \cdot 10^{-9+6} \text{ F} \cdot \text{Mm}^{-1} = \underline{1 \cdot 10^{-3} \text{ F} \cdot \text{Mm}^{-1}}$

e) $33 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} = 33 \times 2\pi \text{ rad} \cdot (60 \text{ s})^{-1} = 33/30 \cdot \pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} = 1,1 \cdot \pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} = \underline{3,5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}$

f) $514 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 5,14 \cdot 10^2 \cdot (10^{-1} \text{ daN}) \cdot (10^3 \text{ mm})^{-2} = 5,14 \cdot 10^{(2-1+6)} \text{ daN} \cdot \text{mm}^{-2} = \underline{5,14 \cdot 10^7 \text{ daN} \cdot \text{mm}^{-2}}$

I.C)

I.C.1) Une onde est la **propagation d'une perturbation** produisant une modification réversible de paramètres physiques à son passage.

I.C.2) Le son est une **onde mécanique** car elle nécessite un milieu matériel pour se propager.

I.C.3) L'**onde sonore est longitudinale** car la direction de la déformation du milieu est identique à celle de la propagation de l'onde.

I.C.4) Les ultrasons sont des **ondes sonores de fréquences supérieures à 20 kHz**, non audibles par l'être humain.

I.C.5) La dimension de l'énergie est, par exemple, donnée par l'expression de l'énergie de masse : $[\text{énergie}] = [mc^2] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$. Puisque l'énergie interne est une énergie comme les autres, alors, d'après l'équation (2) : $[U] = \left[\frac{3}{2} n R T \right] = N \cdot [R] \cdot \Theta = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$

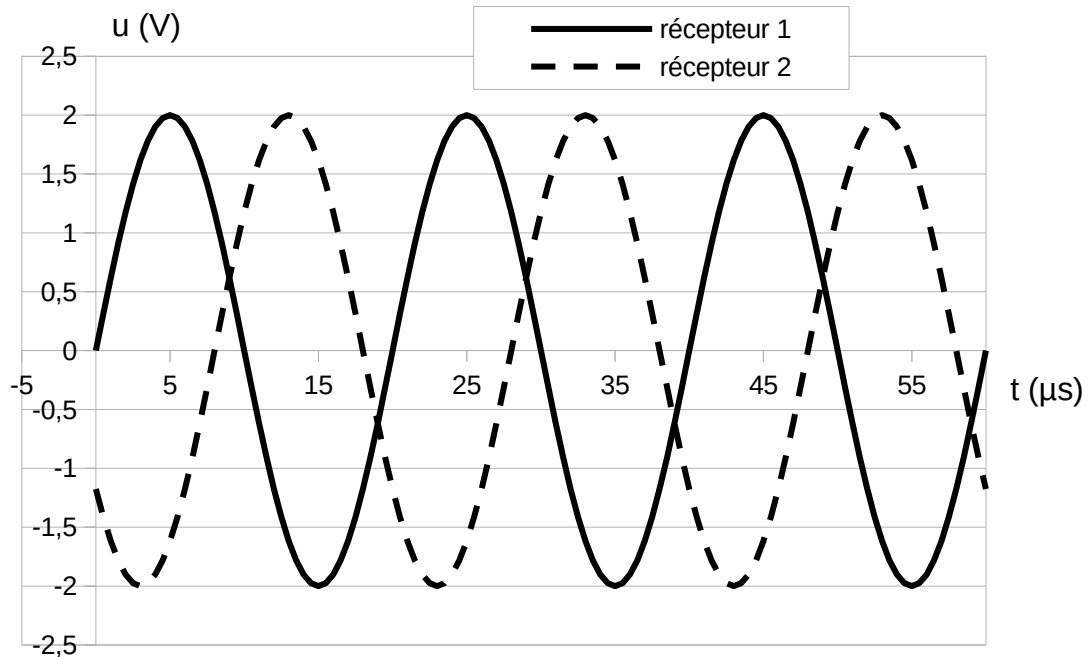
On en déduit la dimension de R : $[R] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2} \cdot \Theta^{-1} \cdot N^{-1}$ et donc son **USI est le $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$**

I.C.6) D'après les données et la question précédente :

$$\left[\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \right] = \left(\frac{[\gamma][R] \cdot \Theta}{M \cdot N^{-1}} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1 \times M \cdot L^2 \cdot T^{-2} \cdot \Theta^{-1} \cdot N^{-1} \times \Theta}{M \cdot N^{-1}} \right)^{\frac{1}{2}} = (L^2 \cdot T^{-2})^{\frac{1}{2}} = L \cdot T^{-1}$$

L'expression proposée pour la vitesse du son dans l'air (1) est donc bien homogène à une vitesse.

2^{ème} Partie : Propagation d'onde dans l'eau (≈ 30 min)



II.1) On relève graphiquement la période des ondes ultrasonores émises : $T = 20,0 \mu s$. On en déduit donc la valeur de leur fréquence : $f = \frac{1}{T}$ **A.N. :** $f = \frac{1}{20,0 \cdot 10^{-6} s} = 5,00 \cdot 10^4 \text{ Hz} = 50,0 \text{ kHz}$

On est bien dans le domaine des ultrasons !

II.2) On constate que le signal du récepteur 2 est en retard sur celle du récepteur 1. On relève graphiquement la valeur du retard : $\tau = 8,0 \mu s < T$

Remarque 1 : si le retard avait été plus élevé qu'une période, on n'aurait pas été capable de le déterminer.

Remarque 2 : c'est la manipulation qui permet de constater que le retard est plus faible qu'une période.

II.3) La valeur de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau vaut donc : $c = \frac{d}{\tau}$

A.N. : $c = \frac{12 \text{ mm}}{8,0 \cdot 10^{-6} s} = \frac{3,0 \cdot 10^{-3} m}{2,0 \cdot 10^{-6} s} = 1,5 \cdot 10^3 m \cdot s^{-1} > \text{célérité du son dans l'air} = 340 m \cdot s^{-1} !$

Le son se propage beaucoup plus vite dans un **milieu matériel plus dense** !

II.4) Le déphasage de l'onde reçue par le récepteur 2 par rapport à celle reçue par le récepteur 1 est :

$\Delta \Phi_{2/1} = -2\pi \times \frac{\tau}{T}$ **A.N. :** $\Delta \Phi_{2/1} = -2\pi \times \frac{8,0}{20,0} = -0,80 \pi = -2,5 \text{ rad}$

II.5) La longueur d'onde λ des ondes ultrasonores dans l'eau vaut :

$\lambda = c T$ **A.N. :** $\lambda = 1,5 \cdot 10^3 m \cdot s^{-1} \times 20,0 \cdot 10^{-6} s = 3,0 \cdot 10^{-2} m = 3,0 \text{ cm}$

II.6) Pour parvenir jusqu'au dauphin, le clic va mettre une durée :

$$\boxed{t_i = \frac{x_1}{c}} \quad \text{A.N. : } t_i = \frac{30 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{1,5 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} = 20 \cdot 10^{-5} \text{ s} = 0,20 \text{ ms}$$

Et puisque le clic dure $\Delta t = 50 \mu\text{s}$, il finira de parvenir au récepteur à l'instant :

$$\boxed{t_f = t_i + \Delta t} \quad \text{A.N. : } t_f = 0,25 \text{ ms}$$

On en déduit la représentation temporelle du clic reçu par le détecteur :



II.7) Le clic occupe (spatialement) une longueur :

$$\boxed{L = c \Delta t} \quad \text{A.N. : } L = 1,5 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 50 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 7,5 \text{ cm}$$

II.8) Le clic étant parti de l'abscisse $x=0$ à l'instant initial, il a parcouru une distance $\boxed{x_2 = c t_2}$ à l'instant t_2 . **A.N. :** $x_2 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0,3(0) \text{ m}$. La fin du clic se retrouve $L = 7,5 \text{ cm}$ en amont, et l'avant du clic correspond à un maximum tandis que l'arrière correspond à un minimum.

On en déduit la représentation spatiale du clic à l'instant $t_2 = 0,2 \text{ ms}$:

