

Les questions seront traitées dans l'ordre et numérotées.
Les résultats seront justifiés et encadrés. La présentation est notée.

Exercice 1 : Propagation des ultrasons. (10 points)
Plusieurs questions sont indépendantes.

Un générateur basse fréquence (GBF) alimente un émetteur à ultra-sons sous une tension sinusoïdale de fréquence $f = 40$ kHz.

L'émetteur, placé sur un rail d'axe Ox , vibre à la fréquence du GBF.

La célérité des ultra-sons dans l'air est $c = 340$ m.s⁻¹.

L'émetteur crée une onde : $P(x, t) = P_m \cdot \cos \left[\omega \left(t - \frac{x}{c} \right) \right] = P_m \cdot \cos [\omega t - kx]$

où P_m est une pression constante (on néglige sa diminution sur une courte distance).

$\phi(x, t) = \omega \left(t - \frac{x}{c} \right)$ est la phase de l'onde en radians (rad).

- 1) Préciser l'amplitude de l'onde. Donner l'expression de k avec son unité.
- 2) Exprimer la pulsation ω et la longueur d'onde λ en fonction des données littérales. Les calculer.
- 3) Soient (x_1, t_1) et (x_2, t_2) deux états vibratoires identiques.

Montrer que l'onde se propage dans le sens des x croissants.

- 4) Deux récepteurs à ultra-sons, branchés sur les entrées 1 et 2 d'un oscilloscope sont placés sur le rail respectivement à $x_1 = 68$ cm et $x_2 = x_1 + d$, avec $d > 0$.
 - a) On note $\varphi = \phi_1 - \phi_2$ le déphasage des signaux reçus respectivement par les récepteurs 1 et 2 au même instant. Exprimer φ en fonction de d et λ puis en fonction de T et τ une durée à préciser.
 - b) Représenter une période des deux signaux visualisés à l'oscilloscope pour $\tau = \frac{T}{2}$.
 - c) Montrer que les signaux reçus par les récepteurs sont en phase pour des valeurs de d à préciser.
 - d) Calculer deux valeurs de x_2 pour lesquelles les signaux sont en phase.

- 5) On enlève les récepteurs, on conserve l'émetteur et on place un écran rigide sur le rail en $x = L$.

On obtient une onde réfléchie de la forme : $P'(x, t) = P_m \cdot \cos \left[\omega \left(t + \frac{x}{c} \right) \right] = P_m \cdot \cos [\omega t + kx]$.

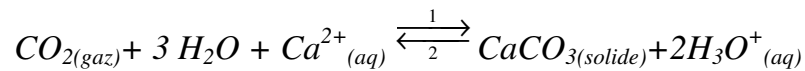
On donne : $\cos(a + b) = \cos a \cdot \cos b - \sin a \cdot \sin b$ et $\cos(a - b) = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b$

- a) Montrer que cette onde se propage selon les x décroissants.
- b) Établir l'expression de l'onde résultante $P(x, t) + P'(x, t)$. Préciser la nature de l'onde.
- c) Établir les positions des nœuds x_N et des ventres x_V en régime permanent.

Exercice 2 : Les équilibres chimiques du carbonate de calcium. (10 points)

Les parties I et II sont indépendantes.

I) Le tartre qui se dépose sur les dents est constitué par du carbonate de calcium $CaCO_3$. Il se forme par réaction des ions carbonates et des ions calcium dissous dans la salive. Les ions carbonate proviennent de plusieurs réactions acido-basiques du dioxyde de carbone avec l'eau de la salive. Le dioxyde de carbone provient lui-même des gaz expirés par la bouche lorsque nous respirons. Le bilan de cette formation est donné par l'équation de réaction suivante :



La constante d'équilibre de cette réaction est $K = 1,5 \cdot 10^{-10}$ à la température de la bouche.

On donne la composition de la salive d'un individu :

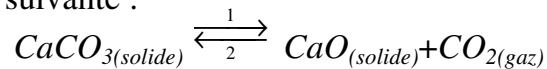
pression partielle de CO_2 expiré : $P_{CO_2} = 0,04 \text{ bar}$;

Concentration en ions Ca^{2+} : $[Ca^{2+}] = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $pH_{\text{salivaire}} = 6,75$

On rappelle que $pH = -\log[H_3O^+]$, soit $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

- 1) Exprimer puis calculer le quotient réactionnel, Q_i , correspondant à la composition de la salive.
- 2) En déduire si le tartre se forme dans ces conditions.
- 3) Déterminer quelle est la valeur limite de la concentration en ions H_3O^+ pour laquelle le tartre se forme. En déduire pour quelle valeur limite du pH dans la bouche le tartre se forme.

II) Le carbonate de calcium $CaCO_3$ est utilisé dans l'industrie pour produire par dissociation thermique, de la chaux vive, solide blanc de formule CaO . Le bilan de cette formation est donné par l'équation de réaction suivante :



La constante d'équilibre associée à cette réaction est à 1000K : $K' = 35,8 \cdot 10^{-2}$.

On étudie cet équilibre à 1000K, dans un récipient de volume total noté $V_T = 10,0 \text{ L}$.

- 1) Exprimer la constante d'équilibre K' en fonction de grandeurs littérales pertinentes.
- 2) Déterminer la pression (en bar) de CO_2 à l'équilibre, notée P_{CO_2} .
- 3) Déduire de ce qui précède la quantité de matière de CO_2 à l'équilibre. On utilisera la loi des gaz parfaits : $P_{CO_2} V_T = n_{CO_2} RT$
avec $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, le volume en m^3 et la pression en Pa ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$).
- 4) La quantité de matière de $CaCO_3$ initialement introduite dans le récipient est de $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$. Déterminer à l'équilibre la quantité de matière de $CaCO_3$ restante.

-fin de l'épreuve-