Les bulles de savon

Bac S 2011 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 1 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Définir les termes « hydrophile » et « hydrophobe ».

Hydrophile : qui a de l'affinité pour l'eau. Une espèce (ou une partie d'espèce) hydrophile s'entoure facilement de molécules d'eau et s'y dissout bien.

Hydrophobe : qui n'a pas d'affinité pour l'eau. Une espèce (ou une partie d'espèce) hydrophobe fuit le contact de l'eau et ne s'y dissout pratiquement pas.

Hydrophile : affinité pour l'eau ; hydrophobe : pas d'affinité pour l'eau.

COMPRENDRE
L'eau est un solvant polaire : elle interagit bien avec les ions et les groupes polaires, très mal avec les longues chaînes carbonées, qui ne portent que des liaisons $C-C$ et $C-H$ peu polarisées.

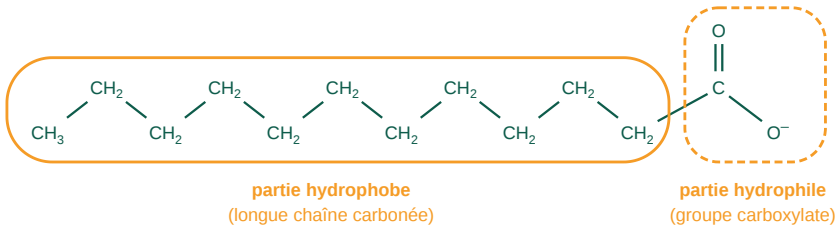
1.2 Entourer, sur l'ion carboxylate du document 1 de l'annexe, la partie hydrophile et la partie hydrophobe.

Le groupe carboxylate $-COO^-$ porte une charge électrique : il est attiré par les molécules d'eau, c'est la partie hydrophile (la « tête »).

La chaîne carbonée $CH_3-(CH_2)_{10}^-$ ne porte ni charge ni groupe polaire : c'est la partie hydrophobe (la « queue »).

Partie hydrophile : le groupe $-COO^-$; partie hydrophobe : la chaîne carbonée (annexe complétée ci-dessous).

PIÈGE
Entourer seulement l'atome O^- : la tête hydrophile est le groupe carboxylate entier, c'est-à-dire le carbone et ses deux atomes d'oxygène.



1.2 · Document 1 de l'annexe, complété

1.3 Retrouver, parmi les quatre schémas du document 2 de l'annexe, celui qui décrit le mieux la paroi d'une bulle de savon.

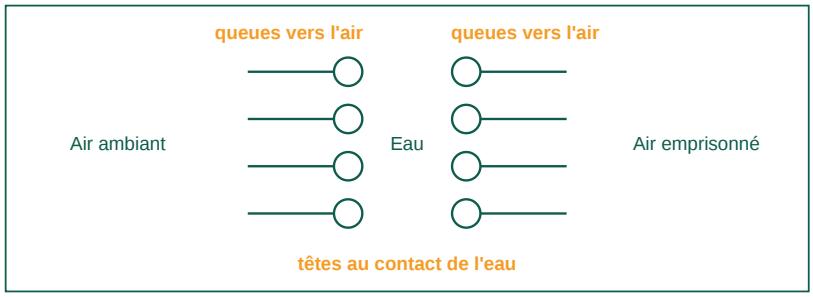
D'après le texte, la couche d'eau est retenue entre les têtes hydrophiles : les cercles des deux rangées doivent être tournés vers l'eau, au centre de la paroi.

Les queues hydrophobes sont tournées vers l'air : les traits de la rangée externe pointent vers l'air ambiant, ceux de la rangée interne vers l'air emprisonné.

Seul le schéma C respecte ces deux conditions.

Le schéma qui convient est la **réponse C**.

MÉTHODE
Traduire chaque phrase du texte en un critère visuel (où sont les cercles, où pointent les traits), puis éliminer les schémas un par un : A et D ont une rangée mal orientée, B les deux.



1.3 · Document 2 : réponse C, la seule conforme au texte

2.1 Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse basique du dodécanoate d'éthyle.

L'ester réagit avec l'ion hydroxyde HO^- ; il se forme l'ion dodécanoate et un alcool, l'éthanol. En notant $C_{11}H_{23}{}^-$ la chaîne $CH_3-(CH_2)_{10}{}^-$:

$$C_{11}H_{23}-COO-C_2H_5 + HO^- \longrightarrow C_{11}H_{23}-COO^- + C_2H_5-OH$$

PIÈGE
Écrire de l'eau comme réactif et l'acide dodécanoïque comme produit : c'est l'hydrolyse simple de l'ester. En milieu basique, le réactif est HO^- et on obtient l'ion carboxylate.

COMPRENDRE
Vérification rapide : les éléments C, H et O sont conservés, et la charge vaut -1 de chaque côté de l'équation.

2.2 Quelles sont les deux caractéristiques de l'hydrolyse basique d'un ester ?

L'hydrolyse basique d'un ester est une transformation **totale** et **rapide** (surtout à chaud).

COMPRENDRE
C'est tout l'intérêt de cette réaction, aussi appelée saponification : l'hydrolyse d'un ester par l'eau seule est au contraire lente et limitée.

2.3 Trouver la quantité de matière d'ion dodécanoate obtenue à partir de 12,0 g de dodécanoate d'éthyle, les ions hydroxyde étant en excès et le rendement valant 95 %.

Données utiles $m = 12{,}0$ g ; $\eta = 95$ % ; $M_C = 12{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_O = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_H = 1{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Le dodécanoate d'éthyle a pour formule brute $C_{14}H_{28}O_2$:

$M = 14\times 12{,}0 + 28\times 1{,}0 + 2\times 16{,}0 = 228{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

L'ester est le réactif limitant. D'après l'équation, une mole d'ester donne au plus une mole d'ion dodécanoate : $n_{max} = n_{ester} = \dfrac{m}{M}$.

Avec le rendement $\eta = \dfrac{n_{obtenu}}{n_{max}}$:

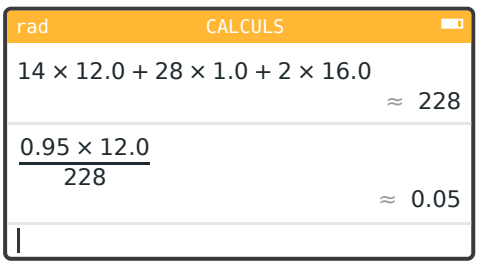
$$n_{obtenu} = \eta \times \frac{m}{M} = 0{,}95 \times \frac{12{,}0}{228{,}0}$$

$n_{obtenu} = 5{,}0\times 10^{-2}$ mol d'ions dodécanoate

PIÈGE
Calculer la masse molaire de l'ion dodécanoate au lieu de celle de l'ester : la masse de 12,0 g est celle du dodécanoate d'éthyle.

COMPRENDRE
Le rendement « 95 % » n'a que deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux. La calculatrice affiche 0,05 : il faut écrire $5{,}0\times 10^{-2}$ mol pour les faire apparaître.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 Donner la relation permettant de calculer la célérité de l'onde créée par le diapason La.

Données utiles $f_1 = 440$ Hz ; $\lambda_1 = 1{,}33$ mm

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période $T_1 = \dfrac{1}{f_1}$: $\lambda_1 = v_1 \times T_1 = \dfrac{v_1}{f_1}$.

$v_1 = \lambda_1 \times f_1$

COMPRENDRE
L'onde a la même fréquence que le diapason qui la crée. La relation $v = \lambda \times f$ vaut pour toute onde progressive périodique, dans n'importe quel milieu.

3.1.2 Vérifier que cette célérité vaut $v_1 = 0{,}585\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

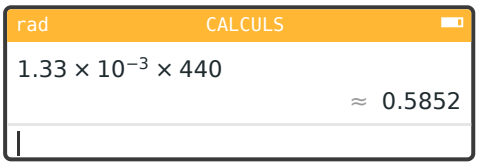
Données utiles $f_1 = 440$ Hz ; $\lambda_1 = 1{,}33 \times 10^{-3}$ m

$v_1 = \lambda_1 \times f_1 = 1{,}33 \times 10^{-3} \times 440$

$v_1 = 0{,}585\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: c'est bien la valeur annoncée.

PIÈGE
Laisser λ_1 en millimètres : on obtient 585, qui serait une célérité en $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Il faut convertir : $1{,}33\ \text{mm} = 1{,}33 \times 10^{-3}$ m.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE
La formule des ondes de capillarité donne $0{,}587\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit $0{,}59\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ avec les deux chiffres significatifs de σ : les deux calculs sont en accord.

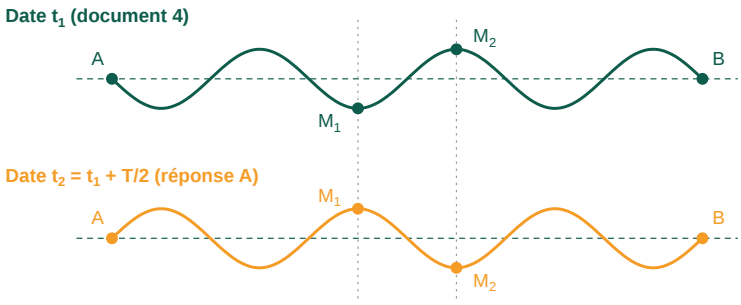
3.2.1 Choisir, parmi les trois schémas du document 5, celui qui représente la surface de l'eau en coupe à la date $t_2 = t_1 + \dfrac{T}{2}$.

En une demi-période, l'onde progresse d'une demi-longueur d'onde et chaque point de la surface effectue une demi-oscillation : un point situé dans un creux à la date t_1 se retrouve sur un sommet à la date t_2 , et inversement.

À t_1, M_1 est dans un creux et M_2 sur un sommet. À t_2, M_1 est donc sur un sommet et M_2 dans un creux.

Le schéma qui convient est la **réponse A**.

PIÈGE
Décaler les points M_1 et M_2 vers la droite avec la vague. Les points de la surface ne se déplacent que verticalement : l'onde transporte de l'énergie, pas de matière.



3.2.1 · La surface en coupe une demi-période plus tard : creux et sommets échangés

3.2.2 Comparer les mouvements verticaux des points M_3 et M_4.

Sur le document 3, M_3 et M_4 sont tous les deux sur un cercle en trait plein : ils sont au sommet d'une vague au même instant. Leurs distances à la source S diffèrent d'une longueur d'onde (deux cercles pleins voisins).

M_3 et M_4 ont à chaque instant le même mouvement vertical : ils vibrent **en phase**.

MÉTHODE
Deux points d'un milieu vibrent en phase si leurs distances à la source diffèrent d'un nombre entier de longueurs d'onde, en opposition de phase si elles diffèrent d'un nombre impair de demi-longueurs d'onde.

3.2.3 Comparer les mouvements verticaux des points M_3 et M_5.

M_3 est sur un cercle en trait plein (sommet) alors que M_5 est sur le cercle en pointillé voisin (creux) : leurs distances à la source diffèrent d'une demi-longueur d'onde.

Quand M_3 monte, M_5 descend : ils vibrent **en opposition de phase**.

3.3 Avec un second diapason, de fréquence différente, on mesure une autre célérité. Comment qualifier la surface de l'eau comme milieu de propagation, pour cette gamme de fréquences ? Justifier.

Données utiles $v_1 = 0{,}585\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ pour $f_1 = 440$ Hz ; $v_2 = 0{,}534\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $\lambda_2 = 1{,}62$ mm pour le second diapason

Les deux diapasons n'ont pas la même fréquence et les deux ondes n'ont pas la même célérité : $v_2 = 0{,}534\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ alors que $v_1 = 0{,}585\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, dans le même milieu.

La célérité de l'onde dépend donc de sa fréquence.

Pour ces fréquences, la surface de l'eau est un milieu **dispersif**.

COMPRENDRE
La formule de l'énoncé l'annonçait : v dépend de λ, donc de la fréquence. À l'inverse, l'air n'est pas dispersif pour le son : graves et aigus s'y propagent à la même célérité.

3.4.1 On ajoute du détergent : la tension superficielle devient $\sigma = 0{,}038\ \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$. Calculer la célérité de l'onde.

Données utiles $\sigma = 0{,}038\ \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$; $\rho = 1{,}0 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $\lambda_3 = 1{,}30 \times 10^{-3}$ m

La fréquence est inconnue : on utilise la relation des ondes de capillarité.

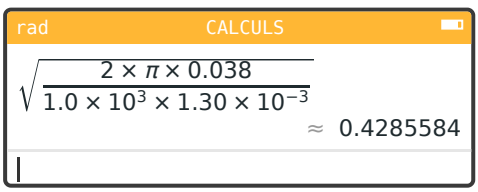
$$v_3 = \sqrt{\frac{2\pi\,\sigma}{\rho\,\lambda_3}} = \sqrt{\frac{2\pi \times 0{,}038}{1{,}0 \times 10^3 \times 1{,}30 \times 10^{-3}}}$$

$v_3 = 0{,}43\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Utiliser $v = \lambda \times f$ avec 440 Hz : ce diapason n'est plus celui de la question 3.1. Autre erreur fréquente : garder l'ancienne valeur $\sigma = 0{,}073\ \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$.

COMPRENDRE
La tension superficielle ne figure plus au programme actuel de spécialité : aujourd'hui, une telle formule serait fournie et il resterait seulement à l'appliquer, comme ici.

À LA CALCULATRICE



3.4.2 Calculer la fréquence du diapason et donner le nom de la note qu'il produit.

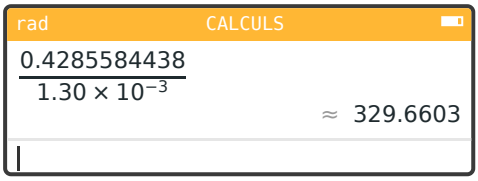
Données utiles $v_3 = 0{,}429\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (valeur non arrondie de 3.4.1) ; $\lambda_3 = 1{,}30 \times 10^{-3}$ m ; tableau des notes

$$f_3 = \frac{v_3}{\lambda_3} = \frac{0{,}429}{1{,}30 \times 10^{-3}} = 3{,}3 \times 10^2 \text{ Hz}$$

Dans le tableau, la note la plus proche a pour fréquence 330 Hz.

$f_3 = 3{,}3 \times 10^2$ Hz : le diapason produit la note **Mi**.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE

Vérification avec la question 3.3, où le même diapason vibrait sur l'eau pure : $\frac{v_2}{\lambda_2} = \frac{0{,}534}{1{,}62 \times 10^{-3}} \approx 330$ Hz. La fréquence est imposée par le diapason, pas par le liquide.

MÉTHODE

Reprendre la valeur non arrondie de v_3 dans le calcul suivant, et n'arrondir qu'à la fin : ici le résultat s'écrit avec deux chiffres significatifs, comme σ.