Corrigé complet — Bac S 2014 Polynésie (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**A propos de l'acide citrique** Groupes caractéristiques · Acide carboxylique · Titrage pH-métrique · Incertitude de mesure · Facteur cinétique · Bilan énergétique et rendement	5,5 pts	50 min	7 questions	p. 2
Ex 2	**Le spectromètre de masse** Spectre de masse · Laser et émission stimulée · Champ électrique uniforme · Travail d'une force électrique · Lois de Newton · Temps de vol	9,5 pts	1 h 30	15 questions	p. 5
Ex 3	**L'homochiralité du vivant** Acides α-aminés · Carbone asymétrique et chiralité · Énantiomères et représentation de Cram · Liaison peptidique et groupe amide · Catégories de réactions · Synthèse de documents	5 pts	50 min	6 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : Tensioactifs et dureté de l'eau** Tensioactifs et micelles · Concentration micellaire critique · Conductivité d'une solution ionique · Dilution · Dureté de l'eau · Concentration en masse et en quantité de matière	5 pts	50 min	3 questions	p. 15

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

A propos de l'acide citrique

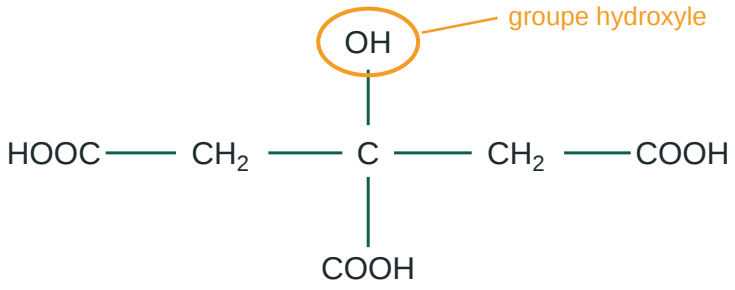
Bac S 2014 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **5,5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Reproduire la formule semi-développée de l'acide citrique et entourer le groupe caractéristique de la fonction alcool.

La fonction alcool correspond au groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$ porté par l'atome de carbone central, qui n'est lié à aucun autre atome d'oxygène.

Le groupe entouré est le groupe **hydroxyle** $-\mathrm{OH}$ du carbone central (voir la formule).

PIÈGE
Entourer le OH d'un groupe $-\mathrm{COOH}$: il appartient à un groupe carboxyle (fonction acide carboxylique), pas à une fonction alcool.



1.1 · Formule semi-développée de l'acide citrique : le groupe de la fonction alcool est entouré

1.2 Identifier les groupes caractéristiques responsables de l'acidité de l'acide citrique et justifier qu'il s'agit d'un triacide.

L'acidité est due aux groupes **carboxyle** $-\mathrm{COOH}$ (fonction acide carboxylique).

Un acide, au sens de Brönsted, est une espèce capable de céder un ion hydrogène $\mathrm{H^+}$. Chaque groupe carboxyle peut en céder un : $-\mathrm{COOH} \longrightarrow -\mathrm{COO^-} + \mathrm{H^+}$.

La molécule possède **trois** groupes carboxyle : elle peut céder trois ions $\mathrm{H^+}$, c'est un triacide.

COMPRENDRE
L'hydrogène du groupe hydroxyle de l'alcool n'est pas acide dans l'eau : on ne compte que les trois groupes carboxyle. C'est pourquoi l'acide est noté $\mathrm{AH_3}$ dans la suite.

2.1.1 À partir des courbes de l'annexe, déterminer la concentration molaire d'acide citrique de la solution titrée.

Données utiles $V_A = 10{,}0\ \mathrm{mL}$; $C_B = 1{,}00 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $\mathrm{AH_3\,(aq) + 3\,HO^-\,(aq) \longrightarrow A^{3-}\,(aq) + 3\,H_2O\,(l)}$

Le volume équivalent est l'abscisse du maximum de la courbe dérivée : $V_{\text{éq}} = 31{,}0$ mL.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$n(\mathrm{AH_3})_{\text{initial}} = \frac{n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}}}{3} \quad \text{soit} \quad C_A\,V_A = \frac{C_B\,V_{\text{éq}}}{3}$$

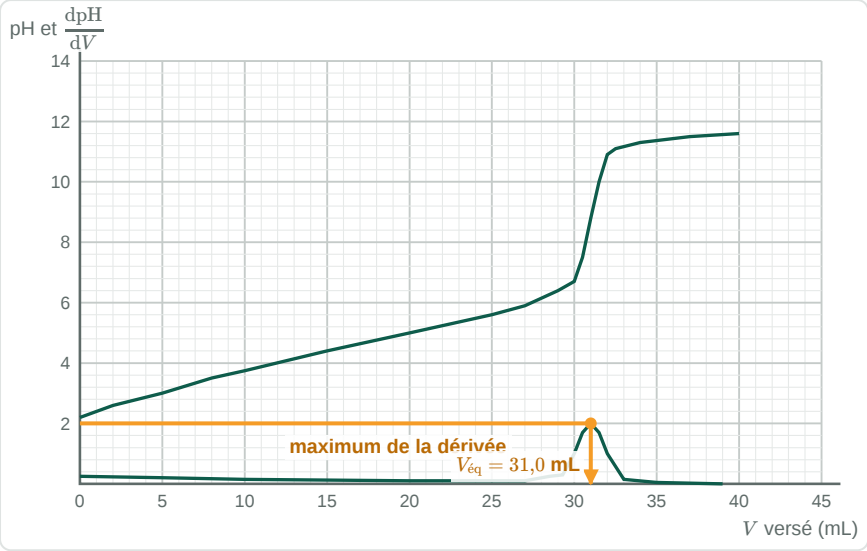
$$C_A = \frac{C_B\,V_{\text{éq}}}{3\,V_A} = \frac{1{,}00 \times 10^{-1} \times 31{,}0}{3 \times 10{,}0}$$

$$C_A = 1{,}03 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

PIÈGE
Oublier le coefficient 3 : il faut trois ions $\mathrm{HO^-}$ pour une molécule d'acide. Écrire $C_AV_A = C_BV_{\text{éq}}$ donne une concentration, puis un pourcentage, trois fois trop grands.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_B, $V_{\text{éq}}$ et V_A ; le 3 est un nombre exact. Les deux volumes restent en mL car leur rapport est sans unité.

MÉTHODE
Le saut de pH est repéré par le pic de la dérivée. Sans cette courbe, on utiliserait la méthode des tangentes parallèles sur la courbe de pH.



2.1.1 · Annexe complétée : l'équivalence est repérée par le maximum de la courbe dérivée

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1.00 \times 10^{-1} \times 31.0}{3 \times 10.0} \approx 0.1033333$

2.1.2 Calculer le pourcentage en masse p d'acide citrique dans le sachet de détartrant.

Données utiles $C_A = 1{,}03 \times 10^{-1}$ mol · L^{-1} (2.1.1) ; $V = 2{,}00$ L ; $M = 192$ g · mol^{-1} ; $m_{\text{sachet}} = 40{,}0$ g

La prise d'essai a la même concentration que la solution S. Masse d'acide citrique dissoute dans le volume V :

$$m_A = C_A\, V\, M = 1{,}03 \times 10^{-1} \times 2{,}00 \times 192 = 39{,}7 \text{ g}$$

$$p = \frac{m_A}{m_{\text{sachet}}} = \frac{39{,}7}{40{,}0}$$

$p = 0{,}992$ soit $99{,}2$ % (calcul mené avec la valeur non arrondie de C_A).

PIÈGE
Utiliser $V_A = 10{,}0$ mL au lieu de $V = 2{,}00$ L : le sachet entier est dissous dans les 2,00 L de la solution S.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.1033333333 \times 2.00 \times 192 \approx 39.68$

$\frac{0.1033333333 \times 2.00 \times 192}{40.0} \approx 0.992$

2.1.3 Déterminer l'incertitude relative sur le pourcentage en masse p. Le résultat obtenu pour p est-il en cohérence avec l'étiquette ?

Données utiles $C_B = (1{,}00 \pm 0{,}02) \times 10^{-1}$ mol · L^{-1} ; précision relative de la verrerie : 0,5 % ; précision sur $V_{éq}$: 1 % ; $p = 99{,}2$ % (2.1.2)

$$\frac{\Delta C_B}{C_B} = \frac{0{,}02}{1{,}00} = 0{,}02 \; ; \quad \frac{\Delta V_{éq}}{V_{éq}} = 0{,}01 \; ; \quad \frac{\Delta V_A}{V_A} = \frac{\Delta V}{V} = 0{,}005$$

$$\frac{\Delta p}{p} = \sqrt{0{,}02^2 + 0{,}01^2 + 0{,}005^2 + 0{,}005^2} = 0{,}023 \quad \text{soit environ } 2\ \%$$

$\Delta p = 0{,}023 \times 99{,}2 = 2{,}3$ %, arrondi par excès à 3 % : $p = (99 \pm 3)$ %, soit $96\ \% \leqslant p \leqslant 102\ \%$.

$\frac{\Delta p}{p} \approx 2$ % ; la valeur 100 % de l'étiquette appartient à l'intervalle : le résultat est cohérent avec l'étiquette.

COMPRENDRE
L'incertitude sur C_B domine largement : c'est la concentration de la solution titrante qu'il faudrait mieux connaître pour améliorer la mesure, pas la verrerie.

MÉTHODE
Une incertitude se donne avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès ; le résultat est ensuite arrondi au même rang. Deux valeurs sont compatibles si l'une appartient à l'intervalle de l'autre.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\sqrt{0.02^2 + 0.01^2 + 0.005^2 + 0.005^2} \approx 0.02345208$

$0.0234520788 \times 99.2 \approx 2.326446$

2.2.1 Proposer un argument expliquant que la solution détartrante est plus efficace lorsqu'elle a été préalablement chauffée.

La température est un facteur cinétique : plus elle est élevée, plus la transformation entre le carbonate de calcium et les ions H_3O^+ est rapide.

Avec une solution chaude, le tartre est consommé en une durée plus courte : le détartrage est plus rapide.

COMPRENDRE
À l'échelle microscopique, l'agitation thermique augmente : les chocs entre les ions H_3O^+ et le solide sont plus fréquents et plus efficaces.

2.2.2 Établir un bilan énergétique, sous forme de schéma, pour la bouilloire, puis calculer son rendement énergétique.

Données utiles $P = 1500$ W ; $V = 0{,}40$ L ; $\theta_i = 18\ ^\circ$C ; $\theta_f = 85\ ^\circ$C ; $\Delta t = 1$ min 20 s $= 80$ s ; $c = 4{,}2$ kJ $\cdot$ kg^{-1} $\cdot$ K^{-1} ; $\rho = 1{,}0$ kg $\cdot$ L^{-1}

Énergie électrique reçue par la bouilloire : $E_{\text{él}} = P\,\Delta t = 1500 \times 80 = 1{,}2 \times 10^5$ J.

Énergie thermique reçue par l'eau, de masse $m = \rho V$ (énergie utile) :

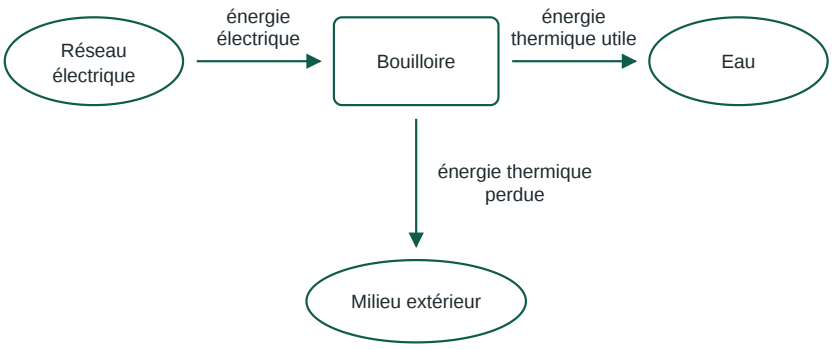
$Q = \rho\, V\, c\,(\theta_f - \theta_i) = 1{,}0 \times 0{,}40 \times 4{,}2 \times 10^3 \times (85 - 18) = 1{,}1 \times 10^5$ J

Rendement : $\eta = \dfrac{Q}{E_{\text{él}}} = \dfrac{\rho\, V\, c\,(\theta_f - \theta_i)}{P\,\Delta t}$

$\eta = 0{,}94$ soit $94\ \%$; les $6\ \%$ restants sont cédés au milieu extérieur.

PIÈGE
Laisser c en kJ ou la durée en minutes : il faut $c = 4{,}2 \times 10^3$ J $\cdot$ kg^{-1} $\cdot$ K^{-1} et $\Delta t = 80$ s pour obtenir deux énergies en joules.

COMPRENDRE
Un écart de température a la même valeur en °C et en K : $85 - 18 = 67\ ^\circ$C $= 67$ K. Inutile d'ajouter 273 aux deux températures.



2.2.2 · Bilan énergétique de la bouilloire

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1500 \times 80 = 120\,000$

$1.0 \times 0.40 \times 4.2 \times 10^3 \times (85 - 18) \approx 112560$

$\dfrac{112\,560}{120\,000} \approx 0.938$

Le spectromètre de masse

Bac S 2014 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **9,5 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1 Vérifier, par un calcul, la valeur numérique de l'abscisse du pic moléculaire du spectre de masse de la pentan-2-one.

Données utiles $C_5H_{10}O$; $M(C) = 12\ g \cdot mol^{-1}$; $M(O) = 16\ g \cdot mol^{-1}$; $M(H) = 1{,}0\ g \cdot mol^{-1}$; pic le plus à droite du spectre : abscisse 86

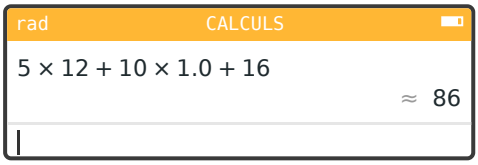
L'abscisse du pic moléculaire est numériquement égale à la masse molaire de la molécule intacte (document 1).

$M(C_5H_{10}O) = 5\,M(C) + 10\,M(H) + M(O) = 5 \times 12 + 10 \times 1{,}0 + 16$

$M(C_5H_{10}O) = 86\ g \cdot mol^{-1}$: c'est bien l'abscisse du pic moléculaire lue sur le spectre (86).

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : pour une somme, on garde la précision du terme le moins précis, ici l'unité. Dans les produits et quotients de la suite, les données ont deux chiffres significatifs : les résultats aussi.

À LA CALCULATRICE



1.2 Le pic d'abscisse 71 correspond au fragment C_4H_7O. À quelle abscisse apparaît le fragment complémentaire ?

Données utiles $M(C_5H_{10}O) = 86\ g \cdot mol^{-1}$ (1.1)

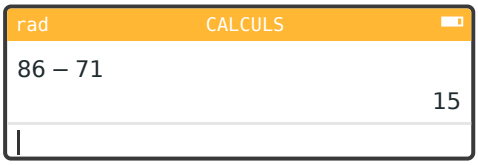
Les deux fragments issus d'une même coupure reconstituent la molécule : la somme de leurs masses molaires vaut $86\ g \cdot mol^{-1}$.

$M(\text{complémentaire}) = 86 - 71 = 15\ g \cdot mol^{-1}$

Le fragment complémentaire apparaît à l'abscisse 15 : c'est le groupe méthyle CH_3 ($12 + 3 \times 1{,}0 = 15$).

MÉTHODE
Toujours contrôler sur le spectre : un petit pic est bien présent à l'abscisse 15. Identifier le fragment (CH_3) confirme le calcul.

À LA CALCULATRICE



1.3.1 Écrire la formule semi-développée de la pentan-2-one.

Pentan-2-one : chaîne de cinq atomes de carbone, groupe carbonyle (cétone) porté par le carbone n° 2.

$CH_3-CO-CH_2-CH_2-CH_3$, le carbone n° 2 étant doublement lié à l'atome d'oxygène (C=O).

PIÈGE
Placer le groupe C=O en bout de chaîne donne un aldéhyde (le pentanal), pas une cétone. Vérifier la formule brute obtenue : $C_5H_{10}O$.

1.3.2 Désigner par une flèche, sur la formule semi-développée, la liaison qui s'est coupée pour produire les fragments les plus abondants. Justifier.

Données utiles spectre : pic le plus haut à l'abscisse 43

Les fragments les plus abondants correspondent au pic le plus haut du spectre : abscisse 43.

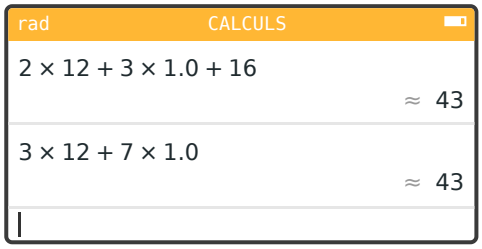
On cherche une coupure entre deux atomes de carbone donnant un fragment de masse molaire 43 $\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$. En coupant entre le carbone n° 2 et le carbone n° 3 :

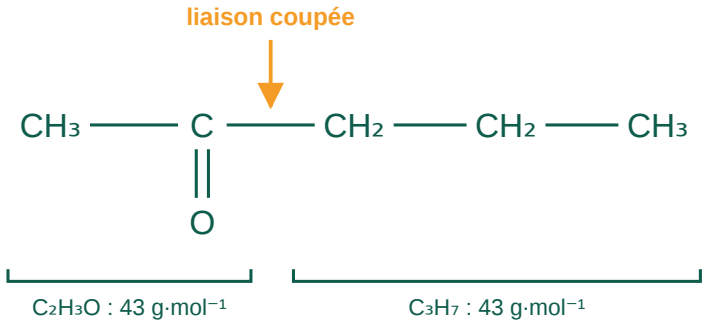
- $\mathrm{CH_3{-}CO}$: $M = 2 \times 12 + 3 \times 1{,}0 + 16 = 43\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$;
- $\mathrm{CH_2{-}CH_2{-}CH_3}$: $M = 3 \times 12 + 7 \times 1{,}0 = 43\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$.

La liaison coupée est celle qui relie le carbone du groupe carbonyle au groupe $\mathrm{CH_2}$ voisin : les deux fragments ont la même masse molaire, 43 $\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$.

COMPRENDRE
Les deux morceaux de cette coupure tombent à la même abscisse : leurs abondances s'ajoutent, d'où la hauteur du pic. Les autres coupures C–C donnent les couples 15 et 71, ou 57 et 29.

À LA CALCULATRICE





1.3.2 · Pentan-2-one : la liaison coupée donne deux fragments de même masse molaire

2.1 À quel domaine du spectre électromagnétique appartient la lumière émise par le laser ? Justifier.

Données utiles $\lambda = 337{,}1$ nm (document 2)

Dans le vide, le domaine visible s'étend environ de 400 nm (violet) à 800 nm (rouge).

Ici $\lambda = 337{,}1\ \mathrm{nm} < 400\ \mathrm{nm}$: la longueur d'onde est plus courte que celle du violet.

La lumière de ce laser appartient au domaine des ultraviolets (UV).

PIÈGE
Répondre « ultraviolet » sans comparer λ aux bornes du visible : la justification demandée est cette comparaison chiffrée.

2.2 Compléter le tableau de l'annexe par VRAI ou FAUX et donner une justification pour chacune des trois affirmations sur la lumière du laser.

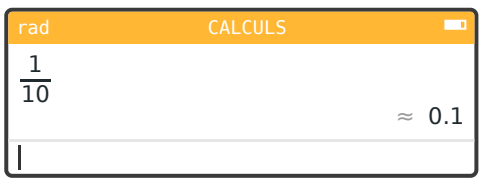
Données utiles document 2 : $\lambda = 337{,}1$ nm ; fréquence des impulsions $f = 10$ Hz ; impact sur la cible : 500 µm × 600 µm

- « La lumière est directive » : **VRAI**. Le faisceau diverge très peu : son impact sur la cible ne mesure que 500 µm × 600 µm.
- « La lumière est polychromatique » : **FAUX**. Elle ne contient qu'une seule longueur d'onde, 337,1 nm : elle est monochromatique.
- « Une impulsion toutes les 10 ms » : **FAUX**. La durée entre deux impulsions est $T = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{10} = 0{,}10$ s, soit 100 ms.

VRAI ; FAUX ; FAUX

PIÈGE
Confondre la fréquence des impulsions (10 Hz), leur période (100 ms) et la durée d'une impulsion (4,0 ns). Ce sont trois grandeurs différentes du document 2.

À LA CALCULATRICE



Affirmation	VRAI ou FAUX	Justification
La lumière émise par le laser est directive.	VRAI	Le faisceau est très étroit : l'impact sur la cible ne mesure que 500 µm × 600 µm.
La lumière émise par le laser est polychromatique.	FAUX	Une seule longueur d'onde (337,1 nm) : la lumière est monochromatique.
Le laser produit une impulsion toutes les 10 ms.	FAUX	f = 10 Hz, donc T = 1/f = 0,10 s : une impulsion toutes les 100 ms.

2.2 · Annexe complétée (question 2.2)

2.3 Présenter succinctement le principe de l'émission stimulée en s'appuyant sur un schéma.

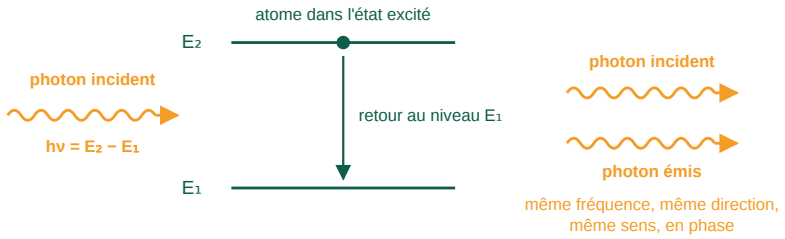
Un atome se trouve dans un état excité d'énergie E_2. Il reçoit un photon dont l'énergie est exactement égale à l'écart entre ce niveau et un niveau inférieur E_1 : $h\nu = E_2 - E_1$.

Ce photon incident n'est pas absorbé : il provoque le retour de l'atome au niveau E_1, avec émission d'un second photon.

Le photon émis est identique au photon incident : même fréquence, même direction et même sens de propagation, même phase. Un photon entre, deux photons identiques sortent : la lumière est amplifiée.

PIÈGE
Ne pas confondre avec l'émission spontanée, où l'atome excité se désexcite seul et émet un photon dans une direction quelconque.

COMPRENDRE
Le laser et l'émission stimulée ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale. La quantification des niveaux d'énergie et la relation $\Delta E = h\nu$, elles, restent à connaître.



2.3 · Émission stimulée : le photon incident déclenche l'émission d'un photon identique

2.4 Pour fragmenter une molécule, la puissance de l'impulsion laser par unité de surface doit-elle être inférieure ou supérieure à celle reçue du Soleil (1 kW par mètre carré) ? Justifier, puis vérifier que c'est le cas de ce laser.

Données utiles puissance de l'impulsion $P = 30$ kW ; surface de l'impact : 500 µm × 600 µm ; Soleil : $1\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$

Les molécules exposées à la lumière du Soleil ne sont pas fragmentées : $1\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ ne suffit pas. Il faut donc une puissance par unité de surface **supérieure** à cette valeur.

Surface de l'impact : $S = 500 \times 10^{-6} \times 600 \times 10^{-6} = 3{,}0 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$.

$$\frac{P}{S} = \frac{30}{3{,}0 \times 10^{-7}} = 1{,}0 \times 10^{8}\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$$

$\frac{P}{S} = 1{,}0 \times 10^{8}\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$: cent millions de fois la valeur solaire, la condition est largement vérifiée.

PIÈGE
Convertir les micromètres avant de multiplier : $1\ \mu\text{m} = 10^{-6}$ m, donc $1\ \mu\text{m}^2 = 10^{-12}\ \text{m}^2$. En gardant P en kW, le résultat sort directement en $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$, comparable à la valeur solaire.

COMPRENDRE
Une impulsion de 30 kW pour un laser qui consomme 15 W : l'énergie est concentrée sur 4,0 ns. Chaque impulsion ne transporte que $30 \times 10^{3} \times 4{,}0 \times 10^{-9} = 1{,}2 \times 10^{-4}$ J.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$500 \times 10^{-6} \times 600 \times 10^{-6}$
$\approx 3 \times 10^{-7}$

$\dfrac{30}{3.0 \times 10^{-7}}$
$\approx 1 \times 10^{8}$

3.1.1 Représenter sur le schéma de l'annexe la force électrique $\vec{F}$ qui s'exerce sur un fragment ionisé $\mathrm{F_i}^+$ placé en A pour qu'il soit accéléré de la cible vers la grille. En déduire la direction et le sens du champ électrique $\vec{E}$.

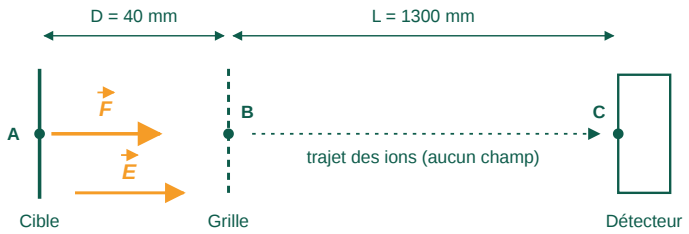
Le fragment part de A sans vitesse et doit être accéléré vers B : la force électrique $\vec{F}$ a la direction de la droite (AB) et est orientée de A vers B.

Le fragment porte la charge $q = +e$, donc $\vec{F} = q\,\vec{E} = e\,\vec{E}$. Comme $e > 0$, les vecteurs $\vec{F}$ et $\vec{E}$ sont colinéaires et de même sens.

$\vec{E}$ est perpendiculaire à la cible et à la grille (direction de la droite (AB)) et orienté de la cible vers la grille.

PIÈGE
Pour un ion négatif, $\vec{F}$ et $\vec{E}$ seraient de sens opposés. Toujours écrire $\vec{F} = q\,\vec{E}$ et regarder le signe de q avant de conclure.

COMPRENDRE
Le champ est orienté vers les potentiels décroissants : la cible est donc portée à un potentiel plus élevé que la grille, reliée à la masse sur le schéma.



3.1.1 · Annexe complétée : force électrique et champ électrique entre la cible et la grille

3.1.2 Montrer que la vitesse du fragment ionisé au point B s'écrit $v = \sqrt{\dfrac{2eU}{m}}$, puis calculer v pour $U = 20$ kV.

Données utiles $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C ; $U = 20\ \mathrm{kV} = 20 \times 10^{3}$ V ; $m = 7{,}1 \times 10^{-26}$ kg ; $E = \dfrac{U}{D}$; vitesse nulle en A

La force $\vec{F} = e\,\vec{E}$ est constante (champ uniforme) et de même sens que le déplacement $\overrightarrow{AB}$, de longueur D :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = e\,E\,D = e\,\frac{U}{D}\,D = e\,U$$

L'énergie cinétique en B est égale à ce travail (vitesse nulle en A) : $\dfrac{1}{2}\,m\,v^2 = e\,U$, d'où $v^2 = \dfrac{2eU}{m}$ et, la vitesse étant positive,

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}6 \times 10^{-19} \times 20 \times 10^{3}}{7{,}1 \times 10^{-26}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = 3{,}0 \times 10^{5}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

PIÈGE
Laisser U en kilovolts donne une vitesse fausse d'un facteur $\sqrt{1000} \approx 32$. La masse est déjà en kilogrammes : aucune conversion à faire de ce côté.

COMPRENDRE
La distance D disparaît du résultat : seule la tension U fixe l'énergie cinétique acquise, eU, la même pour tous les fragments de charge $+e$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\sqrt{\frac{2\times 1.6\times 10^{-19}\times 20\times 10^{3}}{7.1\times 10^{-26}}} \approx 300234.7$$

3.1.3 Pourquoi l'utilisation de la relativité restreinte ne s'impose-t-elle pas ici ?

Données utiles $v = 3{,}0\times 10^{5}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.1.2) ; $c = 3{,}0\times 10^{8}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

On compare la vitesse du fragment à la célérité de la lumière dans le vide :

$$\frac{v}{c} = \frac{3{,}0\times 10^{5}}{3{,}0\times 10^{8}} = 1{,}0\times 10^{-3}$$

Alors $\frac{v^2}{c^2} = 1{,}0\times 10^{-6} \ll 1$ et le coefficient $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ est égal à 1 à moins d'un millionième près.

$v = \frac{c}{1000}$: la vitesse est très petite devant c, les effets relativistes sont négligeables et la mécanique de Newton suffit.

COMPRENDRE
La relativité restreinte (dilatation des durées, facteur γ) ne figure plus au programme actuel de spécialité. L'argument à retenir reste valable : la mécanique classique s'applique tant que $v \ll c$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3.0\times 10^{5}}{3.0\times 10^{8}} \approx 0.001$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-(1\times 10^{-3})^{2}}} \approx 1.000001$$

3.2 Montrer, en appliquant l'une des lois de Newton, que le mouvement du fragment ionisé entre la grille et le détecteur est rectiligne uniforme.

Système : le fragment ionisé ; référentiel : celui du laboratoire (terrestre), supposé galiléen.

Entre la grille et le détecteur, il n'y a aucun champ électrique, donc aucune force électrique ; le poids est négligé. Le fragment n'est soumis à aucune force : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$.

D'après la première loi de Newton (principe d'inertie), son vecteur vitesse reste alors constant. Il vaut $\vec{v}$, non nul, en B.

Le fragment conserve la vitesse $\vec{v}$ acquise en B : son mouvement est rectiligne uniforme jusqu'au détecteur.

PIÈGE
Oublier de dire que la vitesse en B n'est pas nulle : sans force, un objet au repos resterait immobile.

MÉTHODE
Rédaction attendue en mécanique : système, référentiel galiléen, bilan des forces, loi utilisée, conclusion. La deuxième loi convient aussi : $m\vec{a} = \vec{0}$ donne $\vec{a} = \vec{0}$, donc $\vec{v}$ constant.

3.3.1 Montrer que le temps de vol s'écrit $TOF = D\sqrt{\frac{2m}{eU}} + L\sqrt{\frac{m}{2eU}}$.

Données utiles $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ (3.1.2) ; $E = \frac{U}{D}$; mouvement rectiligne uniforme entre la grille et le détecteur (3.2)

Le temps de vol est la somme de deux durées : $TOF = t_1 + t_2$, avec t_1 de A à B et t_2 de B à C.

De A à B. Deuxième loi de Newton dans le référentiel du laboratoire, supposé galiléen : $m\vec{a} = e\vec{E}$. Sur l'axe (Ax) orienté de A vers B : $a_x = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{mD}$, constante.

Avec une vitesse nulle et $x = 0$ à $t = 0$, deux intégrations successives donnent $v_x = \frac{eU}{mD}\,t$ puis $x = \frac{eU}{2mD}\,t^2$.

En B, $x = D$: $t_1^2 = \frac{2mD^2}{eU}$, soit $t_1 = D\sqrt{\frac{2m}{eU}}$.

De B à C. Mouvement rectiligne uniforme à la vitesse v sur la distance L : $t_2 = \frac{L}{v} = L\sqrt{\frac{m}{2eU}}$.

$$TOF = t_1 + t_2 = D\sqrt{\frac{2m}{eU}} + L\sqrt{\frac{m}{2eU}}$$

PIÈGE
Écrire $t_1 = \frac{D}{v}$: entre A et B le mouvement est accéléré, la vitesse n'est pas constante. La vitesse moyenne y vaut $\frac{v}{2}$, d'où le facteur 2 entre les deux racines.

MÉTHODE
Plus rapide pour t_1 : le mouvement étant uniformément accéléré sans vitesse initiale, $v = a_x\,t_1$ en B, donc $t_1 = \frac{v}{a_x} = \frac{mD}{eU}\sqrt{\frac{2eU}{m}} = D\sqrt{\frac{2m}{eU}}$.

3.3.2 En déduire pourquoi les fragments de la molécule sont détectés les uns après les autres. Quels sont ceux qui arrivent en premier ?

En factorisant : $TOF = \left(D\sqrt{\frac{2}{eU}} + \frac{L}{\sqrt{2eU}}\right)\sqrt{m}$.

Pour un appareil donné, D, L, U et e sont fixés : le temps de vol est proportionnel à $\sqrt{m}$. Des fragments de masses différentes ont donc des temps de vol différents et atteignent le détecteur à des dates différentes.

Le temps de vol augmente avec la masse : les fragments les plus légers arrivent en premier, les plus lourds en dernier.

PIÈGE
Écrire « TOF proportionnel à m » : la proportionnalité est en $\sqrt{m}$. Une masse quatre fois plus grande double seulement le temps de vol.

COMPRENDRE
Tous les fragments reçoivent la même énergie cinétique eU. À énergie cinétique égale, le plus léger est le plus rapide : la mesure d'une durée devient une mesure de masse.

3.3.3 Comment faut-il choisir la valeur de L pour optimiser le fonctionnement de l'appareil ? Justifier.

Données utiles annexe : $D = 40$ mm ; $L = 1300$ mm

L'appareil doit séparer nettement des fragments de masses voisines m_1 et m_2. L'écart entre leurs temps de vol s'écrit :

$$\Delta TOF = \left(D\sqrt{\frac{2}{eU}} + \frac{L}{\sqrt{2eU}} \right) (\sqrt{m_2} - \sqrt{m_1})$$

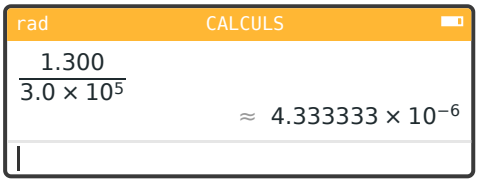
Cet écart augmente avec L : plus le trajet sans champ est long, plus les arrivées sont espacées dans le temps et faciles à distinguer.

Il faut choisir L la plus grande possible : c'est le cas ici, avec $L = 1300$ mm, très supérieure à $D = 40$ mm.

COMPRENDRE

Pour le fragment de la question 3.1.2, le trajet de longueur L dure $\frac{L}{v} = 4{,}3 \times 10^{-6}$ s : quelques microsecondes seulement. L'électronique doit distinguer des écarts encore plus brefs.

À LA CALCULATRICE



L'homochiralité du vivant

Bac S 2014 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 La formule semi-développée de l'alanine justifie-t-elle son appartenance à la famille des acides aminés ?

La formule de l'alanine fait apparaître deux groupes caractéristiques :

- le groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$, associé à la fonction acide carboxylique ;
- le groupe amino $-\mathrm{NH_2}$, associé à la fonction amine.

Ces deux groupes sont portés par le même atome de carbone : c'est un acide α-aminé.

Oui : l'alanine possède à la fois un groupe carboxyle et un groupe amino, c'est bien un **acide aminé**.

MÉTHODE
Pour justifier une famille, entourer chaque groupe caractéristique sur la formule, le nommer, puis nommer la fonction associée. Le nom « acide aminé » se lit directement : acide (carboxyle) et aminé (amino).

1.2 Justifier qu'il existe deux stéréoisomères de l'alanine, en donner la représentation de Cram et identifier le type de stéréoisomérie qui les relie.

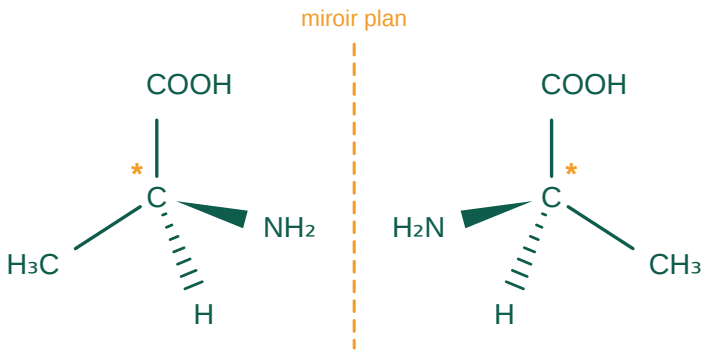
L'atome de carbone central est lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents : H, $\mathrm{CH_3}$, $\mathrm{NH_2}$ et COOH. C'est un atome de carbone asymétrique, noté $\mathrm{C^*}$.

La molécule ne possède qu'un seul carbone asymétrique : elle est chirale, c'est-à-dire non superposable à son image dans un miroir plan. Il existe donc deux stéréoisomères de l'alanine, images l'un de l'autre dans un miroir (figure).

Les deux stéréoisomères de l'alanine sont des **énantiomères**.

PIÈGE
Dessiner deux fois la même molécule : une simple rotation ne change pas la configuration. Pour obtenir l'autre énantiomère, tracer l'image dans un miroir ou échanger deux des quatre groupes, sans toucher aux autres.

COMPRENDRE
Chiralité, carbone asymétrique, énantiomères et représentation de Cram relevaient du programme de Terminale S. Ces notions ne figurent plus dans le programme actuel de spécialité.



Trait plein : dans le plan. Triangle plein : vers l'avant. Hachures : vers l'arrière.

1.2 · Les deux énantiomères de l'alanine en représentation de Cram

1.3 Représenter la formule semi-développée du dipeptide formé par deux molécules d'alanine, donner la catégorie de la réaction et expliquer pourquoi les protéines sont des macromolécules.

Le groupe carboxyle d'une molécule d'alanine réagit avec le groupe amino de l'autre ; il se forme le dipeptide (figure) et une molécule d'eau :

$$2\,C_3H_7NO_2 \longrightarrow C_6H_{12}N_2O_3 + H_2O$$

avec $C_3H_7NO_2$ l'alanine et $C_6H_{12}N_2O_3$ le dipeptide.

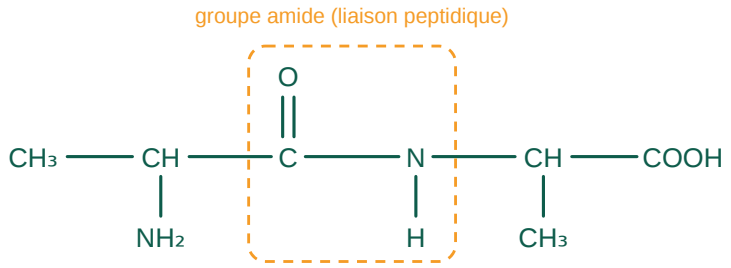
Catégorie : sur le carbone du groupe carboxyle, le groupe $-OH$ est remplacé par le groupe $-NH-CH(CH_3)-COOH$. Un groupe d'atomes en remplace un autre, et l'on passe de deux réactifs à deux produits : c'est une substitution.

Macromolécules : une protéine résulte de l'enchaînement d'un très grand nombre d'acides α-aminés reliés par des liaisons peptidiques. La molécule obtenue est donc très longue et de masse molaire très élevée.

Dipeptide $CH_3-CH(NH_2)-CO-NH-CH(CH_3)-COOH$; réaction de **substitution** ; protéine = très longue chaîne d'acides aminés.

PIÈGE
Oublier la molécule d'eau et conclure à une addition. Compter les espèces : addition, deux réactifs donnent un produit ; élimination, un réactif donne deux produits ; substitution, deux réactifs donnent deux produits.

COMPRENDRE
Le dipeptide garde un groupe amino à une extrémité et un groupe carboxyle à l'autre : il peut réagir à nouveau, ce qui permet d'allonger la chaîne jusqu'à la protéine.



1.3 · Formule semi-développée du dipeptide formé par deux molécules d'alanine

2.1 D'après les documents, donner une définition de l'homochiralité.

D'après le document 1, les réactions de synthèse naturelles ne forment qu'un seul des deux énantiomères d'une molécule chirale.

L'**homochiralité du vivant** est le fait que les molécules chirales des êtres vivants n'existent que sous une seule de leurs deux formes énantiomères : forme « gauche » pour les acides aminés, forme « droite » pour les sucres.

COMPRENDRE
Au laboratoire, une synthèse menée sans précaution particulière fournit en général les deux énantiomères en quantités égales (mélange racémique). C'est ce qui rend l'exclusivité observée dans le vivant si remarquable.

2.2 Attribuer à chaque document un titre en relation avec son idée essentielle.

- Document 1 : L'homochiralité, une asymétrie de la nature jusqu'à l'échelle des molécules.
- Document 2 : Deux théories sur l'origine de l'homochiralité, biotique et abiotique.
- Document 3 : Une expérience de laboratoire qui appuie l'origine extraterrestre de l'homochiralité.

Document 1 : le constat ; document 2 : les hypothèses ; document 3 : la vérification expérimentale.

MÉTHODE
Un bon titre est une phrase nominale courte qui dit l'idée du document, pas son thème général. Repérer le rôle de chaque document (constat, hypothèse, expérience) prépare déjà le plan de la synthèse.

2.3 Rédiger en une quinzaine de lignes une synthèse : qu'est-ce qui permet aux scientifiques de privilégier une origine extraterrestre à l'homochiralité du vivant ?

Dans le vivant, les molécules chirales n'existent que sous une seule forme énantiomère : les acides aminés sont « gauches », les sucres « droits » (document 1). Or deux énantiomères ont les mêmes propriétés chimiques usuelles et une synthèse ordinaire les fournit en quantités égales : cette sélection demande une explication.

Deux théories s'opposent (document 2). Selon la théorie biotique, la vie serait née d'un mélange d'énantiomères et l'homochiralité serait apparue au cours de son développement. Selon la théorie abiotique, le déséquilibre existait avant la vie et vient de l'espace.

Plusieurs observations favorisent la seconde. D'abord, des acides aminés trouvés dans la météorite de Murchison présentent un excès d'énantiomère « gauche » : le déséquilibre existe hors de la Terre et hors de tout être vivant. Ensuite, un mécanisme physique l'explique : une lumière polarisée n'interagit pas de la même façon avec les deux énantiomères et dégrade davantage l'un d'eux. Un tel rayonnement a été détecté en 1997 dans la nébuleuse d'Orion. Enfin, l'expérience confirme ce scénario (document 3) : des « glaces » interstellaires reconstituées au laboratoire, puis irradiées par un rayonnement ultraviolet polarisé, donnent de l'alanine avec un excès d'énantiomère « gauche » supérieur à 1,3 %, comparable à celui des météorites primitives.

Cet excès reste toutefois très faible devant l'exclusivité observée dans le vivant : il reste à expliquer comment il a été amplifié.

L'origine extraterrestre est privilégiée car elle réunit une **observation** (météorites), un **mécanisme** (lumière polarisée, présente dans l'espace) et une **expérience** qui reproduit l'excès mesuré.

PIÈGE
Recopier les documents l'un après l'autre sans les relier. Les points vont à l'argumentation : chaque information doit servir la réponse, avec des connecteurs logiques et la valeur chiffrée 1,3 % citée.

MÉTHODE
Plan d'une synthèse : poser le problème, présenter les hypothèses, puis enchaîner les arguments en citant chaque document et en ajoutant une connaissance personnelle (ici le mélange racémique). Terminer par une réponse nette à la problématique.

Spécialité : Tensioactifs et dureté de l'eau

Bac S 2014 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Le savon de Marseille forme un précipité avec les ions calcium et magnésium. Discuter de son efficacité en tant que tensioactif dans une eau dure.

Une eau dure est riche en ions $\mathrm{Ca^{2+}}$ et $\mathrm{Mg^{2+}}$ (document 4).

Ces ions réagissent avec les ions carboxylate $\mathrm{R{-}COO^-}$ du savon pour donner un solide (document 2), par exemple :

$$\mathrm{Ca^{2+}\,(aq) + 2\,R{-}COO^-\,(aq) \longrightarrow Ca(RCOO)_2\,(s)}$$

Les ions tensioactifs piégés dans le précipité ne sont plus en solution : ils ne peuvent plus former de micelles autour des salissures. Or une solution lave d'autant mieux qu'elle contient beaucoup de micelles (document 1).

Dans une eau dure, une partie du savon de Marseille est consommée par la précipitation : il est **moins efficace**, et il faut en utiliser davantage pour le même lavage.

COMPRENDRE
Chaque ion $\mathrm{Ca^{2+}}$ ou $\mathrm{Mg^{2+}}$ porte deux charges positives : il immobilise deux ions tensioactifs. Le précipité formé est le dépôt grisâtre que le savon laisse sur le linge ou dans un lavabo.

MÉTHODE
« Discuter » à partir de documents : citer le fait utile de chaque document (ici 4, 2 puis 1), les enchaîner par un raisonnement, puis conclure par une phrase qui répond à la question.

1.2 Expliquer l'allure de la courbe du document 3 et le changement de pente observé. À quelle grandeur caractérisant le détergent SDS correspond la rupture de pente ?

La solution de SDS contient des ions $\mathrm{R{-}OSO_3^-}$ et $\mathrm{Na^+}$: elle conduit le courant. Plus la concentration C est grande, plus il y a d'ions par unité de volume, donc plus la conductivité σ est grande. La courbe est croissante, formée de deux portions de droite.

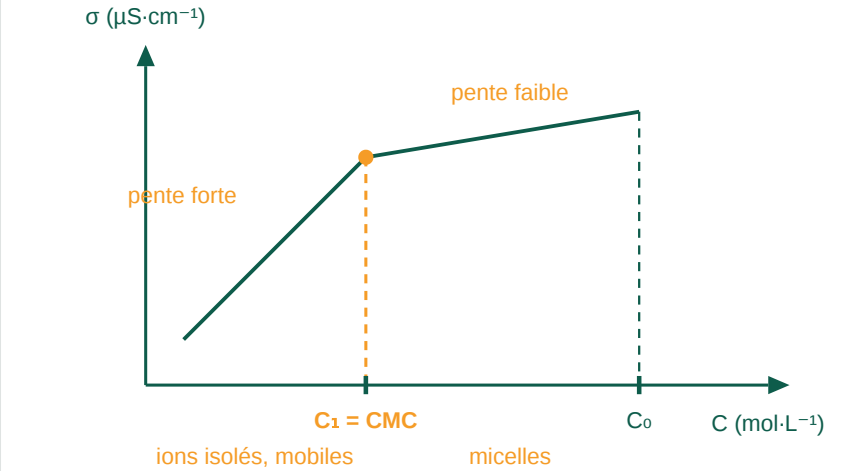
- Pour $C < C_1$: les ions tensioactifs sont isolés et mobiles (document 1). Chaque ion apporté participe pleinement au passage du courant : σ augmente rapidement avec C, la pente est forte.
- Pour $C > C_1$: les ions tensioactifs supplémentaires se regroupent en micelles, très volumineuses, qui se déplacent difficilement. Ils contribuent beaucoup moins à la conductivité : σ augmente encore, mais plus lentement, la pente est plus faible.

Le changement de pente marque donc la concentration à partir de laquelle les micelles apparaissent.

La rupture de pente correspond à la **concentration micellaire critique** du SDS : $C_1 = \mathrm{CMC}$.

PIÈGE
L'expérience est une dilution : elle parcourt la courbe de droite à gauche, de C_0 vers les faibles concentrations. En franchissant C_1, les micelles se défont. L'explication doit rester cohérente avec ce sens.

COMPRENDRE
Au-delà de C_1, la conductivité continue de croître : les ions $\mathrm{Na^+}$ ajoutés restent en grande partie libres, et les micelles, chargées, conduisent un peu. Seule la pente diminue.



1.2 · Document 3 : la rupture de pente repère la CMC

2 Comparer qualitativement et quantitativement le lavage du linge d'un nouveau-né avec du savon de Marseille ou avec du SDS dans l'eau de ville étudiée. Indiquer lequel serait le plus adapté.

Données utiles $V_0 = 20{,}0$ mL ; $C_0 = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_1 = 24{,}0$ mL ; $t(\text{Ca}^{2+}) = 16{,}1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $t(\text{Mg}^{2+}) = 4{,}90\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $M(\text{Ca}) = 40{,}1\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Mg}) = 24{,}3\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $1\ ^\circ\text{f} \leftrightarrow 1 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

CMC du SDS. Elle vaut C_1 (question 1.2). Lors de la dilution, la quantité de SDS se conserve : $C_0V_0 = C_1(V_0 + V_1)$, donc

$$C_1 = \frac{C_0V_0}{V_0 + V_1} = \frac{2{,}00 \times 10^{-2} \times 20{,}0}{20{,}0 + 24{,}0} = 9{,}09 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La CMC du savon de Marseille est d'environ $10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (document 2), soit environ 9×10^3 fois plus faible. Le savon forme des micelles dès une concentration très faible : à quantité égale de tensioactif, il en donne bien plus que le SDS, il est donc plus efficace (document 1).

Dureté de l'eau de ville. Concentration en quantité de matière : $C = \dfrac{t}{M}$.

$[\text{Ca}^{2+}] = \dfrac{16{,}1 \times 10^{-3}}{40{,}1} = 4{,}01 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\quad [\text{Mg}^{2+}] = \dfrac{4{,}90 \times 10^{-3}}{24{,}3} = 2{,}02 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] = 6{,}03 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, donc $\text{TH} = \dfrac{6{,}03 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-4}} \approx 6\ ^\circ\text{f}$.

Ce titre est inférieur à 15 °f : l'eau est douce (document 4). Le savon de Marseille y précipite peu et garde l'essentiel de son efficacité ; le SDS, lui, ne réagit pas avec ces ions.

Aspect qualitatif. Le savon de Marseille est biodégradable à 100 %, contre plus de 90 % pour le SDS, et il est hypoallergénique, ce qui convient à la peau d'un nouveau-né.

$\text{CMC(SDS)} = 9{,}09 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \gg \text{CMC(savon)}$ et $\text{TH} \approx 6\ ^\circ\text{f}$ (eau douce) : le **savon de Marseille** est le plus adapté.

PIÈGE
Le volume final de la dilution est $V_0 + V_1 = 44{,}0$ mL, pas V_1 seul. Et les concentrations en masse sont en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: les convertir en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ avant de diviser par M.

COMPRENDRE
Les données ont trois chiffres significatifs : C_1 en garde trois. Le titre est limité par la correspondance « 1×10^{-4} mol » du document 4, à un seul chiffre : on écrit 6 °f, ce qui suffit pour classer l'eau.

MÉTHODE
Synthèse de documents : chiffrer chaque critère (CMC, dureté), ajouter les critères non chiffrés (biodégradabilité, tolérance par la peau), puis trancher en une phrase qui reprend ces arguments.

À LA CALCULATRICE

