Corrigé complet — Bac S 2012 Inde (Pondichéry) (ancien programme)

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

Ex 1	**Laboratoires en impesanteur** Deuxième loi de Newton · Chute libre dans un champ uniforme · Équations horaires · Gravitation universelle · Mouvement circulaire uniforme	6,5 pts	1 h 18	13 questions	p. 2
Ex 2	**Spectrophotométrie** Spectre visible, UV et IR · Indice de réfraction et dispersion · Échelle de teintes · Loi de Beer-Lambert · Dosage par étalonnage · Écart relatif	5,5 pts	1 h 05	15 questions	p. 7
Ex 3	**Nettoyants pour le sol** Acides gras et triglycérides · Alcools et esters · Saponification · Chauffage à reflux · Tableau d'avancement · Ion tensioactif	4 pts	52 min	12 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : Dosage du dioxygène dissous dans l'eau** Réaction de précipitation · Réactif en excès · Demi-équations d'oxydoréduction · Tableau d'avancement · Titrage et équivalence · Concentration massique	4 pts	52 min	10 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.

Laboratoires en impesanteur

Bac S 2012 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 1 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 En appliquant la deuxième loi de Newton à l'avion, déterminer l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ de son centre d'inertie, puis ses coordonnées a_x et a_z.

Données utiles chute libre : seule force, le poids ; axe Oz vertical vers le haut

Système {avion}, de masse m constante, étudié dans le référentiel terrestre, supposé galiléen. En chute libre, il n'est soumis qu'à son poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

$\vec{g}$ est vertical, vers le bas ; Oz est orienté vers le haut :

$\vec{a} = \vec{g}$; $a_x = 0$ et $a_z = -g$

PIÈGE
Écrire $a_z = +g$: le signe dépend de l'orientation de l'axe. Ici Oz monte et $\vec{g}$ descend, donc $a_z = -g$.

COMPRENDRE
L'accélération ne dépend pas de la masse : tout ce qui est dans la cabine tombe avec la même accélération que l'avion, d'où l'impesanteur ressentie à bord.

1.2.1 Établir l'expression littérale des coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse.

Données utiles $\vec{v}_0$ incliné de α sur l'horizontale à $t = 0$; $a_x = 0$, $a_z = -g$ (1.1)

$\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$: on cherche des primitives de a_x et a_z.

$v_x(t) = C_1$ et $v_z(t) = -g\,t + C_2$.

Conditions initiales : $v_x(0) = v_0 \cos\alpha = C_1$ et $v_z(0) = v_0 \sin\alpha = C_2$.

$v_x(t) = v_0 \cos\alpha$; $\quad v_z(t) = -g\,t + v_0 \sin\alpha$

MÉTHODE
Primitiver puis fixer chaque constante par la condition initiale. Projeter $\vec{v}_0$: la composante adjacente à l'angle α prend le cosinus, l'autre le sinus.

1.2.2 Montrer qu'en unités SI on peut écrire $v_x(t) = 1{,}1 \times 10^2$ et $v_z(t) = -9{,}8\,t + 1{,}2 \times 10^2$.

Données utiles $v_0 = 6{,}0 \times 10^2\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; $\alpha = 47^\circ$; $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Conversion : $v_0 = \dfrac{6{,}0 \times 10^2 \times 10^3}{3600} = 1{,}7 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (soit $166{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, gardé en mémoire).

$v_0 \cos\alpha = 166{,}7 \times \cos 47^\circ = 1{,}1 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

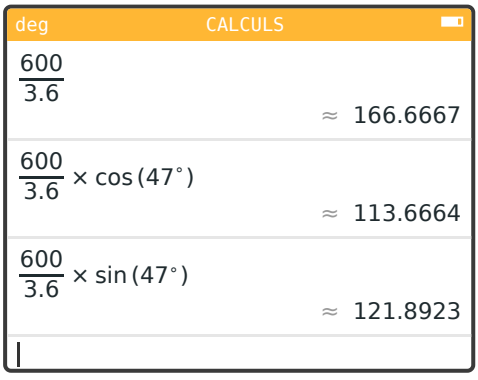
$v_0 \sin\alpha = 166{,}7 \times \sin 47^\circ = 1{,}2 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$v_x(t) = 1{,}1 \times 10^2$ et $v_z(t) = -9{,}8\,t + 1{,}2 \times 10^2$ (SI), comme attendu

PIÈGE
Garder v_0 en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$: en SI, les vitesses sont en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (diviser par 3,6). Vérifier aussi que la calculatrice est en degrés.

COMPRENDRE
v_0 a deux chiffres significatifs, d'où $1{,}1 \times 10^2$ et $1{,}2 \times 10^2$; on garde toutefois les valeurs non arrondies pour les calculs suivants.

À LA CALCULATRICE



1.3.1 Expliquer pourquoi $v_z = 0$ au sommet S de la trajectoire.

Avant S, l'altitude z augmente ($v_z > 0$) ; après S, elle diminue ($v_z < 0$). En S, z est maximale.

En S, le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire, donc horizontal : $v_z = 0$

COMPRENDRE
v_x reste constante et non nulle : au sommet, l'avion ne s'arrête pas, il avance à $1{,}1 \times 10^2$ m · s^{-1}.

1.3.2 En déduire, à partir de $v_z(t)$ (1.2.2), que la phase ascendante de chute libre dure environ 12 s.

Données utiles $v_z(t) = -9{,}8\,t + 1{,}2 \times 10^2$ (1.2.2)

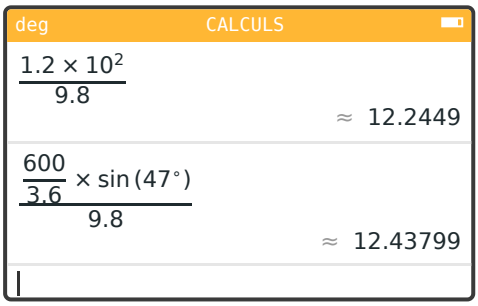
En S, à la date t_S : $v_z(t_S) = 0$, soit $-g\,t_S + v_0 \sin\alpha = 0$, donc $t_S = \dfrac{v_0 \sin\alpha}{g}$.

$$t_S = \frac{1{,}2 \times 10^2}{9{,}8} = 12 \text{ s}$$

$t_S \approx 12$ s, valeur attendue

COMPRENDRE
Avec la valeur non arrondie $v_0 \sin\alpha = 121{,}9$ m · s^{-1}, on trouve $t_S = 12{,}4$ s. Les deux arrondis donnent 12 s ; la chute libre complète dure environ $2\,t_S \approx 25$ s, comme dans le document.

À LA CALCULATRICE



1.4.1 Établir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement de l'avion.

Données utiles à $t = 0$, l'avion est en $x = 0$ et $z = z_0 = 8{,}0 \times 10^3$ m (figure)

$\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$: on cherche des primitives de v_x et v_z.

$x(t) = 1{,}1 \times 10^2\,t + C_3$ et $z(t) = -4{,}9\,t^2 + 1{,}2 \times 10^2\,t + C_4$.

Conditions initiales : $x(0) = 0 = C_3$ et $z(0) = z_0 = C_4$.

$x(t) = 1{,}1 \times 10^2\,t$; $\quad z(t) = -4{,}9\,t^2 + 1{,}2 \times 10^2\,t + 8{,}0 \times 10^3$ (SI)

PIÈGE
Oublier le facteur $\frac{1}{2}$: une primitive de $-9{,}8\,t$ est $-4{,}9\,t^2$. Oublier aussi la constante z_0, l'altitude de départ n'est pas nulle.

1.4.2 En déduire l'altitude maximale atteinte par l'avion. Est-elle compatible avec celle du document ?

Données utiles t_S (1.3.2) ; altitude du sommet dans le document : 8700 m

L'altitude est maximale en S, à la date $t_S = \dfrac{v_0 \sin\alpha}{g}$:

$$z_{\max} = z(t_S) = -\frac{1}{2} g\,t_S^2 + v_0 \sin\alpha\; t_S + z_0 = z_0 + \frac{(v_0 \sin\alpha)^2}{2g}$$

$$z_{\max} = 8{,}0 \times 10^3 + \frac{121{,}9^2}{2 \times 9{,}8} = 8{,}8 \times 10^3 \text{ m}$$

L'écart avec 8700 m est d'environ 1 %, dans la précision des données (deux chiffres significatifs).

$z_{\max} \approx 8{,}8$ km : compatible avec les 8,7 km du document

PIÈGE
Remplacer t par 25 s : c'est la durée totale de la chute libre, l'avion est alors redescendu à 8000 m.

COMPRENDRE
Avec les coefficients arrondis de 1.4.1, on obtient 8,7 km : les deux résultats sont acceptables. Le léger écart vient aussi du modèle, qui néglige ce qui reste des forces de l'air.

À LA CALCULATRICE

deg CALCULS

$$8000 + \frac{\left(\frac{600}{3.6} \times \sin(47°)\right)^2}{2 \times 9.8} \approx 8758.047$$

$$(-4.9) \times 12.43798812^2 + 1.2 \times 10^2 \times 12.43798812 + 8000 \approx 8734.511$$

2.1 Représenter sur l'annexe la force d'attraction gravitationnelle exercée sur la station ; donner l'expression de sa norme F.

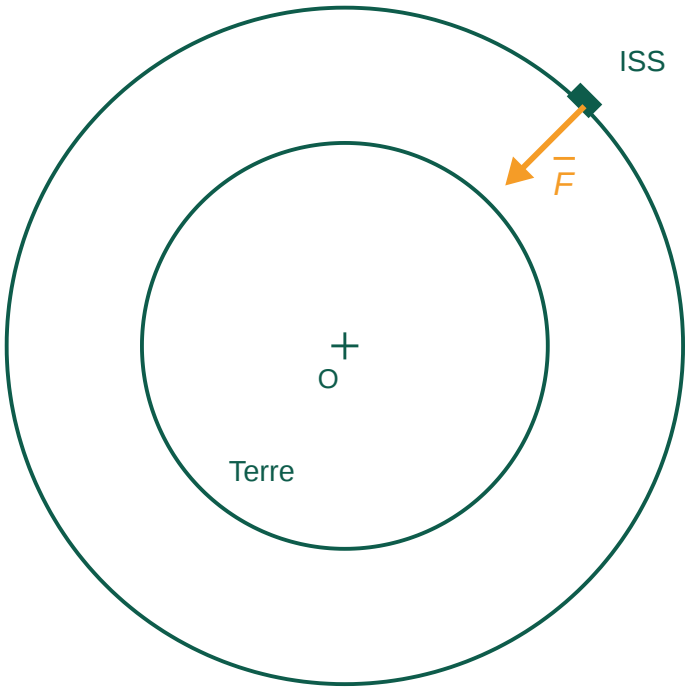
Données utiles masse de l'ISS m ; altitude z ; M_T, R_T, G

La force $\vec{F}$ exercée par la Terre est appliquée au centre de la station, dirigée vers le centre de la Terre (voir l'annexe).

La distance entre les centres vaut $R_T + z$.

$$F = \frac{G\,m\,M_T}{(R_T + z)^2}$$

PIÈGE
Écrire z^2 au lieu de $(R_T + z)^2$: la loi de Newton utilise la distance entre les centres des deux corps.



2.1 · Annexe complétée : force exercée par la Terre sur l'ISS

2.2 Par la deuxième loi de Newton, établir l'expression de la norme a de l'accélération de la station ; représenter $\vec{a}$ sur l'annexe.

Données utiles F (2.1)

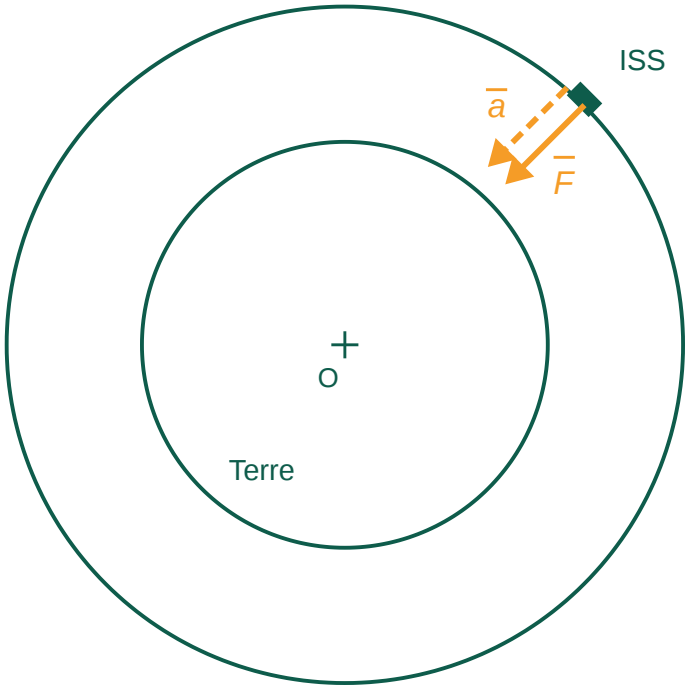
Système {station}, de masse m, dans le référentiel géocentrique supposé galiléen ; seule force : $\vec{F}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{F} = m\,\vec{a}$. En normes : $\dfrac{G\,m\,M_T}{(R_T+z)^2} = m\,a$.

$\vec{a} = \dfrac{\vec{F}}{m}$ avec $m > 0$: $\vec{a}$ a la même direction et le même sens que $\vec{F}$, vers le centre de la Terre (voir l'annexe).

$$a = \frac{G\,M_T}{(R_T+z)^2}$$

COMPRENDRE
L'accélération est centripète bien que la vitesse garde la même valeur : c'est la direction du vecteur vitesse qui change. L'échelle de $\vec{a}$ est sans lien avec celle de $\vec{F}$.



2.2 · Annexe complétée : force et accélération de l'ISS

2.3.1 Établir l'expression littérale de la vitesse v du satellite en fonction de G, M_T, R_T et z.

Données utiles $a = \dfrac{v^2}{r}$ avec $r = R_T + z$; a (2.2)

Avec $r = R_T + z$: $\dfrac{v^2}{R_T+z} = \dfrac{G\,M_T}{(R_T+z)^2}$, donc $v^2 = \dfrac{G\,M_T}{R_T+z}$.

v étant positive :

$$v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{R_T+z}}$$

COMPRENDRE
La vitesse ne dépend pas de la masse de la station : un astronaute et la station ont la même orbite, d'où l'impesanteur à bord.

2.3.2 Calculer la valeur numérique de la vitesse orbitale du satellite.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$; $M_T = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg ; $R_T = 6{,}4 \times 10^3$ km ; $z = 3{,}5 \times 10^2$ km

Longueurs en mètres : $R_T + z = 6{,}4 \times 10^6 + 3{,}5 \times 10^5 = 6{,}75 \times 10^6$ m.

$$v = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 6{,}0 \times 10^{24}}{6{,}75 \times 10^6}} = 7{,}7 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 7{,}7 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit $7{,}7\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Laisser R_T et z en kilomètres : avec G en unités SI, la distance doit être en mètres, sinon le résultat est faux d'un facteur $\sqrt{1000}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.0 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 + 3.5 \times 10^5}} \approx 7699.928$$

2.3.3 Exprimer la période T de révolution du satellite en fonction de v, R_T et z.

Pendant une période T, le satellite parcourt à vitesse constante le périmètre $2\pi(R_T + z)$ de son orbite : $v = \dfrac{2\pi(R_T + z)}{T}$.

$$T = \frac{2\pi\,(R_T + z)}{v}$$

2.3.4 Calculer la période de révolution, puis le nombre de révolutions effectuées chaque jour par la station.

Données utiles v (2.3.2) ; $R_T + z = 6{,}75 \times 10^6$ m ; 1 jour $= 86\,400$ s

$$T = \frac{2\pi \times 6{,}75 \times 10^6}{7{,}70 \times 10^3} = 5{,}5 \times 10^3\ \text{s}\ \ (\text{environ } 1\ \text{h } 32\ \text{min})$$

Nombre de révolutions par jour : $N = \dfrac{86\,400}{T} = \dfrac{86\,400}{5{,}51 \times 10^3} = 15{,}7.$

$T = 5{,}5 \times 10^3$ s ; environ 16 révolutions par jour

3e partie (comparaison). À bord de l'ISS, l'impesanteur est permanente : les expériences peuvent durer des jours ou des mois, alors qu'un vol parabolique n'offre qu'environ 25 s d'impesanteur par parabole.

PIÈGE
Diviser 24 par T en secondes : exprimer la journée et la période dans la même unité.

COMPRENDRE
La troisième partie, sans numéro dans le sujet, est corrigée ici. L'ISS est en chute libre permanente autour de la Terre : elle tombe vers le centre sans jamais se rapprocher du sol.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2 \times \pi \times 6.75 \times 10^6}{7699.92785} \approx 5508.039$$

$$\frac{86\,400}{5508.038731} \approx 15.68616$$

$$\frac{5508.038731}{60} \approx 91.80065$$

Spectrophotométrie

Bac S 2012 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Donner les longueurs d'onde limites du spectre visible dans le vide et les couleurs correspondantes.

Dans le vide, le spectre visible s'étend environ de 400 nm à 800 nm.

$\lambda = 400$ nm : violet ; $\lambda = 800$ nm : rouge.

COMPRENDRE
On trouve aussi 380 nm et 780 nm : les deux bornes sont acceptées.

1.2 Situer les rayonnements ultraviolets et infrarouges par rapport au spectre visible, du point de vue de leur longueur d'onde.

Ultraviolets : $\lambda < 400$ nm ; infrarouges : $\lambda > 800$ nm.

MÉTHODE
« Ultra » et « infra » se lisent en fréquence.

1.3 Donner la définition d'une lumière monochromatique.

Une lumière monochromatique est constituée d'une seule radiation, de longueur d'onde (ou de fréquence) unique.

PIÈGE
« Une seule couleur » ne suffit pas : une couleur peut venir d'un mélange.

1.4.1 Qu'appelle-t-on indice de réfraction n d'un milieu transparent ?

$n = \dfrac{c}{v}$, avec c la vitesse de propagation de la lumière dans le vide et v sa vitesse dans le milieu ; n est sans unité et $n \geq 1$.

1.4.2 De quel paramètre d'une radiation lumineuse dépend l'indice n d'un milieu transparent donné ?

Dans le verre, la célérité v dépend de la radiation : le milieu est dispersif.

L'indice n dépend de la fréquence ν de la radiation, donc de sa longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = \dfrac{c}{\nu}$.

COMPRENDRE
La fréquence est le paramètre intrinsèque : elle ne change pas d'un milieu à l'autre, alors que la longueur d'onde change. D'où la précision « longueur d'onde dans le vide ».

1.4.3 Nommer et décrire brièvement le phénomène qui permet au prisme de décomposer la lumière blanche.

La lumière blanche contient toutes les radiations visibles. À l'entrée du prisme, la loi de Snell-Descartes s'écrit $\sin i = n(\lambda_0)\ \sin r$ avec $n_{\text{air}} = 1{,}00$.

L'angle d'incidence i est le même pour toutes les radiations, mais l'indice n dépend de λ_0 : chaque radiation est réfractée avec un angle r différent. Les radiations se séparent, et la séparation augmente à la sortie du prisme.

Le phénomène est la **dispersion** de la lumière par le verre.

PIÈGE
Répondre « réfraction » seul : la réfraction dévie la lumière, c'est la dépendance de n envers λ_0 qui la décompose.

1.4.4 Compléter la figure de l'annexe avec le trajet d'un rayon bleu et d'un rayon rouge dans le prisme et après sa sortie.

À chaque face, le rayon est dévié vers la base du prisme. Comme $\lambda_{\text{bleu}} < \lambda_{\text{rouge}}$, le bleu est plus dévié que le rouge, à l'entrée comme à la sortie.

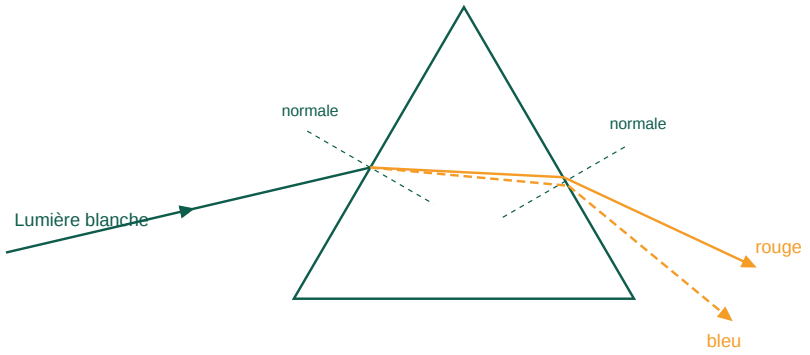
Entrée (air → verre) : chaque rayon se rapproche de la normale, le bleu davantage.

Sortie (verre → air) : chaque rayon s'écarte de la normale ; le faisceau s'ouvre, bleu vers la base, rouge vers le sommet.

Rayon bleu plus dévié que le rayon rouge : à la sortie, le bleu est le plus proche de la base.

PIÈGE
Faire sortir les rayons sans les dévier à la deuxième face, ou les rabattre vers le sommet : à la sortie, ils s'écartent de la normale, toujours du côté de la base.

COMPRENDRE
Sur le schéma, l'écart entre les deux couleurs est exagéré pour être visible ; dans un vrai prisme il est de l'ordre du degré.



1.4.4 · Annexe 1.4.4 complétée (écart entre les couleurs exagéré)

2.1.1 Expliquer brièvement comment encadrer la concentration en diiode de la solution S sans spectrophotomètre.

On réalise une **échelle de teintes** : les solutions D_i, de concentrations connues, sont versées dans des tubes à essais identiques, sous la même hauteur, et rangées par concentration croissante.

On verse la solution S dans un tube identique, sous la même hauteur, et on compare sa teinte à celles de l'échelle.

Si la teinte de S est comprise entre celles de D_i et D_{i+1}, alors $C_i < C_S < C_{i+1}$.

MÉTHODE
Observer les tubes par le dessus, sur un fond blanc : on compare ainsi la même épaisseur de solution, sous le même éclairage.

2.1.2 Pourquoi les récipients utilisés doivent-ils être tous identiques ?

La teinte perçue dépend non seulement de la concentration mais aussi de l'épaisseur de solution traversée par la lumière : des récipients identiques imposent la même épaisseur, la teinte ne dépend alors que de la concentration.

2.2.1 Donner une longueur d'onde appropriée pour les mesures d'absorbance et justifier.

Données utiles spectre d'absorption du diiode

On choisit la longueur d'onde du maximum d'absorption, lue sur le spectre :

$\lambda_{\max} \approx 470$ nm

COMPRENDRE
Au maximum, la mesure est la plus sensible, et un léger déréglage de λ change peu A.

2.2.2 La courbe d'étalonnage est-elle en accord avec la loi de Beer-Lambert $A = k \times C$? Justifier.

Les points expérimentaux sont proches d'une droite qui passe par l'origine : A est proportionnelle à C.

La courbe d'étalonnage est en accord avec la loi de Beer-Lambert $A = k \times C$.

PIÈGE
Une droite ne suffit pas : il faut préciser qu'elle passe par l'origine, sinon A serait une fonction affine et non linéaire de C.

2.2.3 Déterminer graphiquement $C_{S,\text{exp}}$ puis en déduire la concentration molaire C_{exp} de la teinture d'iode.

Données utiles $A_S = 0{,}78$; facteur de dilution 200

Sur la courbe d'étalonnage, l'abscisse du point d'ordonnée $A_S = 0{,}78$ est :

$C_{S,\text{exp}} = 870\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

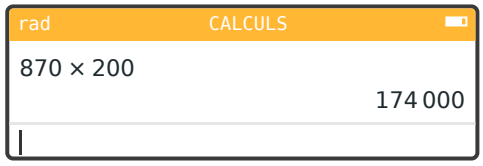
La teinture a été diluée 200 fois : $C_{\text{exp}} = 200 \times C_{S,\text{exp}} = 200 \times 870 = 1{,}74 \times 10^5\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

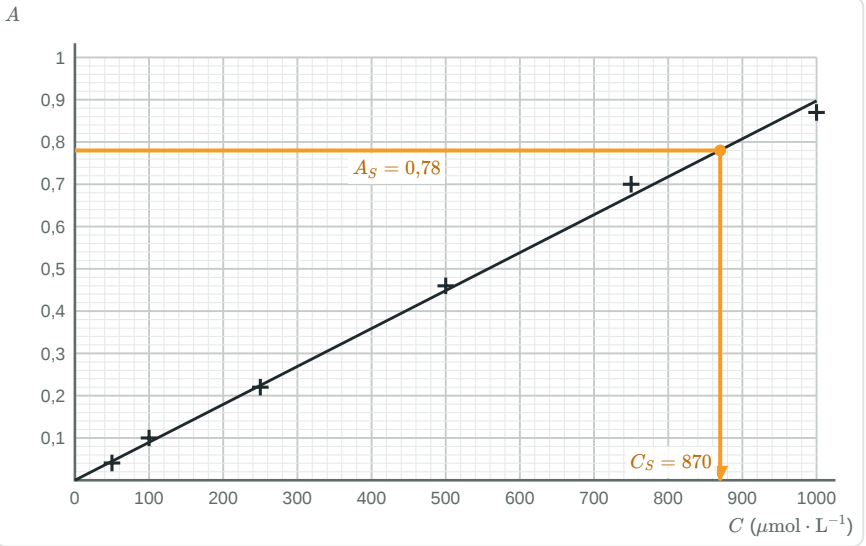
$C_{\text{exp}} = 0{,}174\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Oublier de multiplier par le facteur de dilution : 870 μmol/L est la concentration de S, pas celle de la teinture.

COMPRENDRE
Une lecture entre 860 et 880 μmol/L est acceptée. On garde trois chiffres significatifs, précision de la lecture sur ce papier millimétré.

À LA CALCULATRICE





2.2.3 · Courbe d'étalonnage de l'annexe, avec la lecture pour la solution S

2.3.1 Vérifier que la concentration massique attendue en diiode dans la teinture est $C_m = 45\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données utiles 5,0 % en masse de diiode ; $\rho = 9{,}0 \times 10^2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

Un litre de teinture a une masse $m = \rho \times V = 9{,}0 \times 10^2$ g, dont 5,0 % de diiode :

$$C_m = \frac{5{,}0}{100} \times \rho = 0{,}050 \times 9{,}0 \times 10^2 = 45\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_m = 45\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, valeur attendue retrouvée.

PIÈGE
Confondre masse volumique de la teinture et concentration massique du diiode : ρ concerne toute la solution, C_m seulement le diiode.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{5.0}{100} \times 9.0 \times 10^2 \approx 45$

2.3.2 En déduire la concentration molaire attendue C_a en diiode dans la teinture.

Données utiles $M(\mathrm{I}) = 127\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $C_m = 45\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$ (2.3.1)

$$M(\mathrm{I_2}) = 2 \times 127 = 254\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$$

$$C_a = \frac{C_m}{M(\mathrm{I_2})} = \frac{45}{254} = 0{,}177\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

$C_a = 0{,}18\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (deux chiffres significatifs, comme C_m), soit $0{,}177$ en valeur intermédiaire.

PIÈGE
Diviser par 127 : le diiode est la molécule $\mathrm{I_2}$, sa masse molaire vaut deux fois celle de l'atome.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{45}{2 \times 127} \approx 0.1771654$

2.3.3 Calculer l'écart relatif entre C_{exp} et C_a. Conclure.

Données utiles $C_{\text{exp}} = 0{,}174\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (2.2.3) ; $C_a = 0{,}177\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (2.2.3)

$$\left|\frac{C_{\text{exp}} - C_a}{C_a}\right| = \left|\frac{0{,}174 - 0{,}177}{0{,}177}\right| = 0{,}018$$

L'écart relatif vaut environ 2 %, ce qui est faible : il s'explique par la précision de la lecture graphique et de la dilution.

Écart relatif $\approx 1{,}8\ \%$: le dosage confirme l'indication de l'étiquette.

COMPRENDRE
Avec C_a arrondi à 0,177, on obtient 1,7 % ; avec la valeur non arrondie, 1,8 %. Les deux sont acceptés : un écart de quelques pour cent valide le résultat.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{\frac{45}{254} - 0.174}{\frac{45}{254}} \approx 0.01786667$

Nettoyants pour le sol

Bac S 2012 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Quelle caractéristique commune des acides α-linolénique, linoléique et oléique justifie le qualificatif « insaturé » ?

Données utiles formules semi-développées du tableau ; acide stéarique : $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$

Les trois acides insaturés possèdent dans leur chaîne carbonée au moins une double liaison carbone-carbone $C=C$ (trois pour l'acide α-linolénique, deux pour l'acide linoléique, une pour l'acide oléique), alors que l'acide stéarique n'a que des liaisons simples.

Insaturé : présence d'au moins une double liaison $C=C$ dans la chaîne.

PIÈGE
La double liaison $C=O$ du groupe carboxyle existe aussi dans l'acide stéarique : elle ne justifie pas « insaturé ».

COMPRENDRE
Chaque double liaison retire deux atomes d'hydrogène : on passe de $C_{17}H_{35}$ (saturé) à $C_{17}H_{33}$, $C_{17}H_{31}$ puis $C_{17}H_{29}$.

1.2.1 À quelle famille de composés organiques appartient le glycérol ? Justifier.

Le glycérol $HO-CH_2-CH(OH)-CH_2-OH$ porte trois groupes hydroxyle $-OH$, chacun lié à un atome de carbone tétragonal (qui ne forme que des liaisons simples).

Le glycérol est un alcool (un triol : trois groupes hydroxyle).

PIÈGE
Ne pas confondre avec un acide carboxylique : il n'y a pas de groupe $C=O$ sur le carbone qui porte $-OH$.

1.2.2 À quelle famille de composés organiques appartient un triglycéride ? Justifier.

Un triglycéride contient trois groupes ester $-CO-O^-$, c'est-à-dire un atome de carbone lié à la fois à un O par une double liaison et à un O lié à un autre carbone ; chacun provient de la réaction d'un $-COOH$ de l'acide gras avec un $-OH$ du glycérol.

Un triglycéride est un ester (un triester).

MÉTHODE
Reconnaître un groupe : $-COOH$ acide carboxylique, $-CO-O-C$ ester, $C-OH$ alcool. Dans un ester, l'oxygène simple est engagé entre deux atomes de carbone.

2.1 Quelle est la formule brute du groupe R dans le triglycéride T ?

T est le triglycéride issu de l'acide α-linolénique, de formule simplifiée $C_{17}H_{29}-COOH$, qui s'écrit $R-COOH$.

$R = C_{17}H_{29}$

COMPRENDRE
Vérification avec la donnée : $T = C_3H_5(OOC-C_{17}H_{29})_3$, soit $C_{57}H_{92}O_6$, de masse molaire $57\times12+92\times1+6\times16 = 872$ g · mol^{-1}.

2.2 Compléter l'équation de la saponification de T par la potasse sur l'annexe et encadrer le produit qui correspond au savon.

Chaque groupe ester de T réagit avec un ion hydroxyde : il faut 3 ions HO^- pour un triglycéride, et il se forme 3 ions carboxylate et une molécule de glycérol.

$$T + 3\,(K^+ + HO^-) = \boxed{3\,(K^+ + RCOO^-)} + \text{glycérol}$$

Coefficients 3 et 3 ; le savon est le carboxylate de potassium $(K^+ + C_{17}H_{29}COO^-)$, encadré sur l'annexe (voir tableau en 2.3.3).

PIÈGE
Le savon n'est pas le glycérol : c'est le sel $K^+ + RCOO^-$. Oublier le coefficient 3 fausse ensuite le tableau d'avancement.

2.3.1 Quel dispositif utiliser pour cette synthèse ? Expliquer son intérêt.

On utilise un montage de chauffage à reflux : ballon (avec le mélange et la pierre ponce) posé sur un chauffe-ballon, surmonté d'un réfrigérant à eau vertical.

Intérêt : le chauffage augmente la vitesse de la réaction ; les vapeurs (éthanol, eau) se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le ballon, si bien qu'on chauffe longtemps sans perdre de matière.

Chauffage à reflux : réaction plus rapide, sans perte de réactifs ni de solvant.

PIÈGE
Un réfrigérant fermé en haut ferait monter la pression : le haut du réfrigérant reste ouvert.

COMPRENDRE
L'éthanol sert de solvant commun à l'huile et à la potasse aqueuse, qui ne se mélangent pas ; la pierre ponce régularise l'ébullition.

2.3.2 Déterminer les quantités de matière initiales des réactifs.

Données utiles $m_T = 20$ g ; $M_T = 872\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $C = 5{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V = 20$ mL

Triglycéride : $n_T = \dfrac{m_T}{M_T} = \dfrac{20}{872} = 2{,}3 \times 10^{-2}$ mol

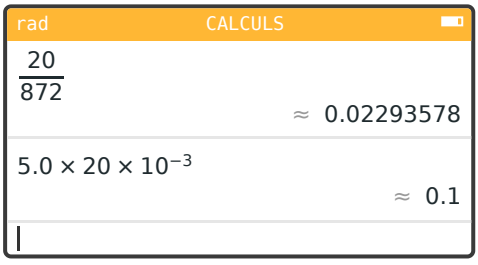
Ions hydroxyde : $n_{\text{HO}^-} = C \times V = 5{,}0 \times 20 \times 10^{-3} = 0{,}10$ mol

$n_T = 2{,}3 \times 10^{-2}$ mol ; $n_{\text{HO}^-} = 0{,}10$ mol

PIÈGE
Convertir V en litres avant de multiplier par C : $20\ \text{mL} = 20 \times 10^{-3}$ L.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme 20 g et $5{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On garde la valeur non arrondie en mémoire pour la suite.

À LA CALCULATRICE



2.3.3 Compléter le tableau d'évolution de l'annexe ; la transformation étant totale, déterminer la quantité de matière de savon.

Données utiles $n_T = 2{,}29 \times 10^{-2}$ mol et $n_{\text{HO}^-} = 0{,}10$ mol (2.3.2)

Tableau complété ci-dessous. Recherche du réactif limitant :

- si T est limitant : $n_T - x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 2{,}29 \times 10^{-2}$ mol ;
- si HO^- est limitant : $0{,}10 - 3x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol.

On retient la plus petite valeur : T est le réactif limitant et $x_{\max} = 2{,}29 \times 10^{-2}$ mol.

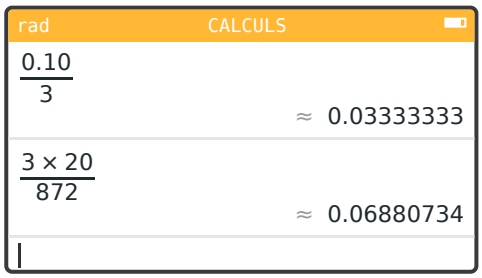
D'après le tableau : $n_S = 3x_{\max} = 3 \times 2{,}29 \times 10^{-2}$

$n_S = 6{,}9 \times 10^{-2}$ mol

COMPRENDRE
Les ions hydroxyde sont en excès : il en reste $0{,}10 - 3 \times 2{,}29 \times 10^{-2} = 3{,}1 \times 10^{-2}$ mol, ce qui assure une saponification complète de l'huile.

MÉTHODE
Pour chaque réactif, annuler sa quantité dans la ligne $x_{\max}$; le plus petit avancement obtenu désigne le réactif limitant.

À LA CALCULATRICE



Avancement	T	3 ($K^+ + HO^-$)	3 ($K^+ + RCOO^-$)	glycérol
x = 0	$n_T = 2{,}29 \times 10^{-2}$	0,10	0	0
x	$n_T - x$	0,10 − 3x	3x	x
$x_{max} = 2{,}29 \times 10^{-2}$	0	$3{,}1 \times 10^{-2}$	$6{,}9 \times 10^{-2}$	$2{,}3 \times 10^{-2}$

2.3.3 · Annexe, questions 2.2 et 2.3.3 : équation et tableau d'avancement complétés (quantités en mol, savon encadré)

2.3.4 Déterminer alors la masse de savon synthétisé.

Données utiles $n_S = 6{,}88 \times 10^{-2}$ mol (2.3.3) ; $M_S = 316\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

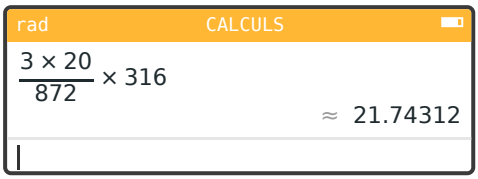
$m_S = n_S \times M_S = 6{,}88 \times 10^{-2} \times 316 = 21{,}7$ g

$m_S \approx 22$ g de savon (deux chiffres significatifs)

PIÈGE
Utiliser n_T au lieu de $n_S = 3x_{\max}$ donnerait une masse trois fois trop faible.

COMPRENDRE
On obtient plus de savon que d'huile introduite : chaque ion carboxylate emporte un ion K^+, et le glycérol part avec le reste de la masse.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 Nommer les propriétés des deux parties de l'ion carboxylate.

- La tête polaire $-COO-$ est **hydrophile** (elle a de l'affinité pour l'eau) et lipophobe.
- La longue chaîne carbonée R est **hydrophobe** (elle fuit l'eau) et **lipophile** (elle a de l'affinité pour les graisses).

Tête hydrophile, chaîne hydrophobe et lipophile : l'ion est amphiphile.

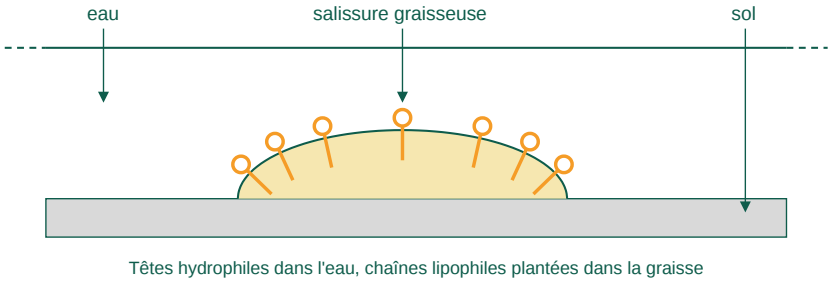
COMPRENDRE
La tête chargée interagit avec les molécules d'eau polaires ; la chaîne, apolaire, se mêle aux graisses, elles aussi apolaires.

3.1.2 Dessiner sur l'annexe quelques ions carboxylate à l'interface entre la salissure graisseuse et l'eau.

Les ions se placent tout autour de la surface de la salissure : la chaîne carbonée (trait) s'enfonce dans la graisse, la tête polaire (cercle) reste dans l'eau.

Ions perpendiculaires à la surface de la graisse, têtes vers l'eau, chaînes dans la graisse (schéma ci-dessous).

COMPRENDRE
Ainsi entourée, la gouttelette de graisse présente une surface hydrophile : elle se détache du sol et reste dispersée dans l'eau de rinçage.



Têtes hydrophiles dans l'eau, chaînes lipophiles plantées dans la graisse

3.1.2 · Annexe, question 3.1.2 : ions carboxylate à l'interface graisse / eau

3.2 Montrer que l'anion du LAS, associé à Na^+, a une action détergente grâce à une structure analogue à celle de l'ion carboxylate.

L'anion du LAS comporte deux parties aux propriétés opposées, comme l'ion carboxylate :

- une longue partie carbonée (chaîne alkyle et cycle benzénique), hydrophobe et lipophile, qui joue le rôle de la chaîne R ;
- un groupe sulfonate $-SO_3-$ chargé, hydrophile, qui joue le rôle de la tête $-COO-$.

L'anion du LAS est lui aussi amphiphile : il se place à l'interface graisse / eau et a donc une action détergente.

PIÈGE
Il faut citer les deux parties et leur propriété ; dire seulement « il ressemble au savon » ne rapporte pas les points.

Spécialité : Dosage du dioxygène dissous dans l'eau

Bac S 2012 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Écrire l'équation de la réaction de précipitation de l'hydroxyde de manganèse (II) à partir des ions Mn^{2+} et HO^-.

Il faut deux ions hydroxyde par ion manganèse (II) pour obtenir un solide électriquement neutre.

$$Mn^{2+}(aq) + 2\,HO^-(aq) = Mn(OH)_2(s)$$

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 devant HO^- ou les états physiques : le précipité est un solide, noté (s).

1.1.2 Pourquoi faut-il que le milieu soit très basique ?

Un milieu très basique contient beaucoup d'ions hydroxyde HO^-. Ils sont alors en excès et la précipitation consomme la totalité des ions Mn^{2+} apportés : l'hydroxyde de manganèse (II), qui doit réagir avec le dioxygène, est ainsi formé en quantité maximale.

Le milieu très basique apporte les ions HO^- en excès, nécessaires pour précipiter tous les ions Mn^{2+} en $Mn(OH)_2$.

COMPRENDRE
« Basique » signifie riche en ions HO^-, ici un des deux réactifs de l'équation écrite en 1.1.1.

1.2 Pourquoi est-il indispensable de mettre l'hydroxyde de manganèse (II) en excès pour la réussite de la méthode de Winkler ?

Données utiles équation (1) : $4\,Mn(OH)_2(s) + O_2(aq) + 2\,H_2O(l) = 4\,Mn(OH)_3(s)$

La méthode doit mesurer **tout** le dioxygène dissous. Avec $Mn(OH)_2$ en excès, le dioxygène est le réactif limitant : la réaction (1), totale, le consomme entièrement.

La quantité de $Mn(OH)_3$ formée vaut alors exactement $4\,n_{O_2}$, et la suite du dosage donne bien la quantité initiale de dioxygène.

L'excès de $Mn(OH)_2$ rend O_2 limitant : tout le dioxygène réagit et $n_{Mn(OH)_3} = 4\,n_{O_2}$.

MÉTHODE
Dans un dosage indirect, l'espèce à doser doit toujours être le réactif limitant de chaque étape, sinon une partie échappe à la mesure.

2.1 Écrire la relation entre la quantité de matière n_{O_2} de dioxygène dissous et la quantité $n_{Mn^{3+}}$ d'ions manganèse (III) produits par la réaction (2).

Données utiles équation (2) : $Mn(OH)_3(s) + 3\,H^+(aq) = Mn^{3+}(aq) + 3\,H_2O(l)$; $n_{Mn(OH)_3} = 4\,n_{O_2}$

D'après l'équation (2), totale, une mole de $Mn(OH)_3$ donne une mole d'ions Mn^{3+} : $n_{Mn^{3+}} = n_{Mn(OH)_3}$.

Or $n_{Mn(OH)_3} = 4\,n_{O_2}$.

$$n_{Mn^{3+}} = 4\,n_{O_2}$$

COMPRENDRE
Les ions H^+ sont apportés en large excès (forte acidification) : c'est bien $Mn(OH)_3$ qui fixe la quantité de Mn^{3+} formée.

2.2 Écrire l'équation (3) de la réduction des ions Mn^{3+} par les ions iodure en excès.

Données utiles couples Mn^{3+}/Mn^{2+} et I_2/I^-

Réduction : $Mn^{3+}(aq) + e^- = Mn^{2+}(aq)$ $\quad(\times 2)$

Oxydation : $2\,I^-(aq) = I_2(aq) + 2\,e^-$

Les électrons échangés doivent être en même nombre :

$$2\,Mn^{3+}(aq) + 2\,I^-(aq) \longrightarrow 2\,Mn^{2+}(aq) + I_2(aq) \qquad (3)$$

COMPRENDRE
Avec (3), $n_{I_2} = \dfrac{n_{Mn^{3+}}}{2} = 2\,n_{O_2}$: on retrouve la relation donnée au début de la 3e étape.

MÉTHODE
Égaliser le nombre d'électrons des deux demi-équations, puis additionner.

3.1 Compléter le tableau d'évolution du titrage fourni en annexe.

Données utiles $2\,S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) = S_4O_6^{2-}(aq) + 2\,I^-(aq)$; état initial : $n_{éq}$ et n_{I_2}

État intermédiaire : $n_{éq} - 2x$; $n_{I_2} - x$; x ; $2x$.

État à l'équivalence : les deux réactifs sont entièrement consommés.

$n_{éq} - 2x_{éq} = 0$; $n_{I_2} - x_{éq} = 0$; $x_{éq}$; $2x_{éq}$.

Tableau complété ci-dessous.

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 des ions thiosulfate et des ions iodure : on retire $2x$, pas x.

COMPRENDRE
À l'équivalence, les deux réactifs sont épuisés en même temps.

Avancement (mol)	$2\,S_2O_3^{2-}$	I_2	$S_4O_6^{2-}$	$2\,I^-$
x = 0	$n_{éq}$	n_{I2}	0	0
x	$n_{éq} - 2x$	$n_{I2} - x$	x	2x
$x = x_{éq}$	$n_{éq} - 2x_{éq} = 0$	$n_{I2} - x_{éq} = 0$	$x_{éq}$	$2x_{éq}$

3.1 · Annexe complétée : tableau d'évolution du titrage (lignes ajoutées en orange)

3.2 Montrer que n_{O_2} est égale au quart de la quantité $n_{éq}$ d'ions thiosulfate apportés à l'équivalence.

Données utiles $n_{I_2} = 2\,n_{O_2}$; tableau (Q3.1)

D'après le tableau à l'équivalence : $x_{éq} = n_{I_2}$ et $n_{éq} = 2\,x_{éq}$, donc $n_{éq} = 2\,n_{I_2}$.

Avec $n_{I_2} = 2\,n_{O_2}$: $n_{éq} = 2 \times 2\,n_{O_2} = 4\,n_{O_2}$.

$n_{O_2} = \dfrac{n_{éq}}{4}$, comme demandé.

MÉTHODE
Dosage en plusieurs étapes : enchaîner les relations de proportionnalité de chaque équation, de l'espèce titrée jusqu'à l'espèce cherchée.

4.1 Calculer la quantité de matière de dioxygène dans le volume V_0 d'eau de l'aquarium.

Données utiles $C = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_{éq} = 5{,}1\ \text{mL}$; $n_{O_2} = \dfrac{n_{éq}}{4}$ (Q3.2)

Ions thiosulfate apportés à l'équivalence : $n_{éq} = C \times V_{éq}$, donc

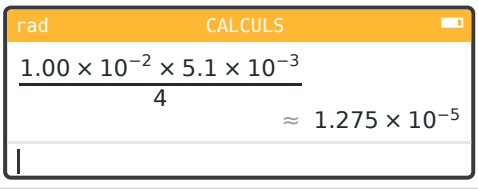
$$n_{O_2} = \frac{C \times V_{éq}}{4} = \frac{1{,}00 \times 10^{-2} \times 5{,}1 \times 10^{-3}}{4} = 1{,}275 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

$n_{O_2} = 1{,}3 \times 10^{-5}$ mol

PIÈGE
Laisser $V_{éq}$ en mL avec C en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ donne un résultat 1000 fois trop grand.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $V_{éq} = 5{,}1$ mL, la donnée la moins précise.

À LA CALCULATRICE



4.2 En déduire la concentration massique C_m en dioxygène dissous.

Données utiles $M(O) = 16\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $V_0 = 100\ \text{mL}$; $n_{O_2} = 1{,}275 \times 10^{-5}$ mol (Q4.1)

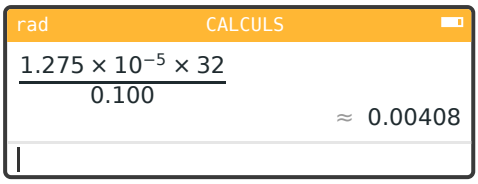
$M(O_2) = 2 \times 16 = 32\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$C_m = \frac{m_{O_2}}{V_0} = \frac{n_{O_2} \times M(O_2)}{V_0} = \frac{1{,}275 \times 10^{-5} \times 32}{0{,}100} = 4{,}1 \times 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_m = 4{,}1 \times 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} = 4{,}1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Calculer avec la valeur arrondie $1{,}3 \times 10^{-5}$ mol donne $4{,}2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: on arrondit seulement le résultat final. Prendre aussi $M = 16$ au lieu de 32.

À LA CALCULATRICE



4.3 Les techniciens doivent-ils intervenir et, si oui, dans quel but ?

Données utiles $C_m = 4{,}1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q4.2) ; tableau « Vie aquatique et besoins en dioxygène »

$3\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} < C_m = 4{,}1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} < 5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: d'après le tableau, le développement de la vie aquatique est perturbé.

Les techniciens doivent intervenir pour augmenter la teneur en dioxygène dissous, par exemple en aérant l'eau avec une pompe à air (bulleur), afin de dépasser $5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Oui : l'eau est sous-oxygénée (développement perturbé), il faut l'oxygéner pour dépasser $5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

PIÈGE
Répondre seulement « oui » : la question demande aussi le but, appuyé sur le tableau du sujet.