Corrigé complet — Bac 2025 Amérique du Nord Jour 1

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

Ex 1	**Etude d'un vernis à ongles** Synthèse d'un ester · Catalyse et mécanisme réactionnel · Extraction liquide-liquide · Rendement d'une synthèse · Dosage par étalonnage · Loi de Beer-Lambert	9 pts	1 h 35	13 questions	p. 2
Ex 2	**Physique et raccordement routier** Vecteur accélération · Programmation Python · Repère de Frenet · Mouvement circulaire uniforme · Deuxième loi de Newton	5 pts	53 min	8 questions	p. 7
Ex 3	**Traitement des eaux d'un bassin d'orage** Poussée d'Archimède · Équilibre d'un solide · Débit volumique · Relation de Bernoulli · Effet Venturi · Concentration en masse	6 pts	1 h 03	12 questions	p. 12

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.

Etude d'un vernis à ongles

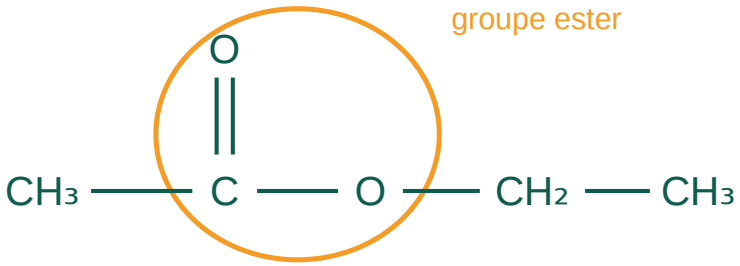
Bac 2025 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

Q.1 Représenter la formule semi-développée de l'éthanoate d'éthyle, entourer le groupe caractéristique et nommer la famille fonctionnelle associée.

Formule semi-développée : voir le schéma. Le groupe caractéristique entouré est l'enchaînement $-C(=O)-O^-$ relié à un atome de carbone de chaque côté.

Groupe caractéristique **ester** : l'éthanoate d'éthyle appartient à la famille des **esters**.

PIÈGE
Entourer seulement $C=O$: ce serait le groupe carbonyle. Le groupe ester comprend aussi l'atome d'oxygène lié à la chaîne éthyle.



Q.1 · Formule semi-développée de l'éthanoate d'éthyle, groupe ester entouré

Q.2 Justifier le sens de la flèche courbe de la figure 2.

Une flèche courbe représente le déplacement d'un doublet d'électrons : elle part d'un site donneur et pointe vers un site accepteur.

L'atome d'oxygène du groupe $C=O$ porte des doublets non liants : c'est un site donneur de doublet. L'ion H^+ ne possède aucun électron et porte une charge positive : c'est un site accepteur.

La flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène (donneur) et arrive sur H^+ (accepteur) : une liaison $O-H$ se forme.

PIÈGE
Dessiner ou décrire la flèche partant de H^+. Une flèche courbe suit les électrons, jamais la charge positive.

Q.3 Définir un catalyseur et justifier que l'acide sulfurique ajouté dans l'étape 1 peut jouer ce rôle.

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une transformation sans figurer dans l'équation de la réaction : il est consommé puis régénéré, et ne modifie pas l'état final.

L'acide sulfurique apporte des ions H^+. Ces ions sont consommés dans la première étape du mécanisme (figure 2), mais ni H^+ ni H_2SO_4 n'apparaissent dans l'équation de la réaction : ils sont donc régénérés dans une étape ultérieure. De plus, quelques gouttes suffisent.

L'acide sulfurique accélère la synthèse sans intervenir dans son bilan : il peut jouer le rôle de catalyseur.

COMPRENDRE
Un catalyseur modifie le mécanisme : il intervient dans des étapes plus rapides, puis il est restitué. Il agit sur la durée de la transformation, pas sur la composition finale.

Q.4 Indiquer l'étape du protocole expérimental qui correspond à une extraction.

Dans l'étape 2, l'ajout d'eau salée dans l'ampoule à décanter sépare l'ester, presque insoluble dans l'eau salée, des autres espèces qui y sont très solubles.

L'extraction correspond à l'**étape 2**.

COMPRENDRE
L'étape 1 est la transformation chimique (chauffage à reflux). L'étape 3 est une purification : lavage basique de la phase organique, séchage puis filtration.

Q.5 Schématiser l'ampoule à décanter après la décantation de l'étape 2 et indiquer, en justifiant, les espèces présentes dans chacune des deux phases.

Données utiles masses volumiques : ester $0{,}902\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, eau salée $1{,}15\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; solubilités dans l'eau salée (tableau)

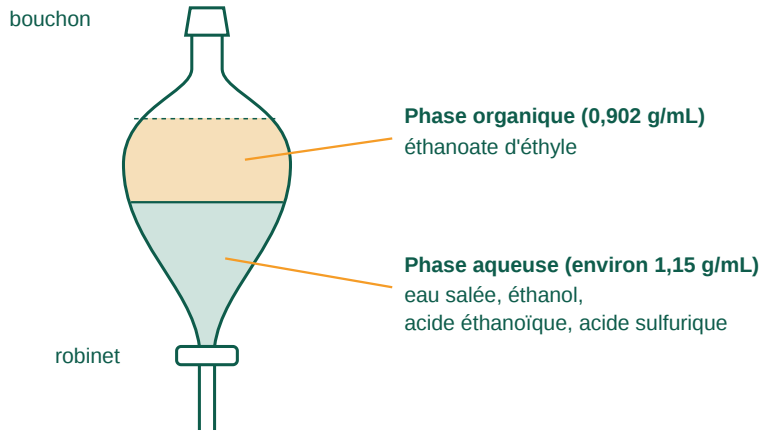
La transformation n'est pas totale : en fin de chauffage, le ballon contient l'ester, l'eau, les réactifs restants (éthanol, acide éthanoïque) et l'acide sulfurique.

- L'éthanol, l'acide éthanoïque et l'acide sulfurique ont une très grande solubilité dans l'eau salée : ils se trouvent dans la phase aqueuse.
- L'éthanoate d'éthyle a une solubilité presque nulle dans l'eau salée : il constitue la phase organique.
- La phase organique ($0{,}902\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) est moins dense que la phase aqueuse (environ $1{,}15\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) : elle surnage.

Phase supérieure : éthanoate d'éthyle. Phase inférieure : eau salée, éthanol, acide éthanoïque, acide sulfurique.

PIÈGE
Placer la phase organique en bas par habitude. La position se justifie toujours en comparant les masses volumiques des deux phases.

COMPRENDRE
L'eau salée remplace l'eau pure car l'ester y est bien moins soluble ($87\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ dans l'eau) : on perd moins de produit.



Q.5 · Ampoule à décanter après décantation (étape 2)

Q.6 Écrire l'équation de la réaction acido-basique entre les ions hydrogénocarbonate et l'acide éthanoïque (étape 3) et nommer le gaz formé.

Données utiles couples $CO_2, H_2O\,(aq)$ / $HCO_3^-\,(aq)$ et $CH_3COOH\,(aq)$ / $CH_3COO^-\,(aq)$

L'acide CH_3COOH cède un ion H^+ à la base HCO_3^- :

$$CH_3COOH\,(aq) + HCO_3^-\,(aq) \longrightarrow CH_3COO^-\,(aq) + CO_2, H_2O\,(aq)$$

Le gaz formé est le **dioxyde de carbone** CO_2, d'où le dégazage demandé dans le protocole.

COMPRENDRE
L'acide restant est transformé en ion éthanoate, soluble dans l'eau : il quitte la phase organique. C'est l'intérêt de ce lavage basique.

Q.7 Déterminer la valeur du rendement de cette synthèse, sachant que l'acide éthanoïque est en excès.

Données utiles $V_1 = 11{,}7$ mL ; $V_{\text{ester}} = 12{,}0$ mL ; éthanol : $\rho_1 = 0{,}789$ g · mL^{-1}, $M_1 = 46{,}1$ g · mol^{-1} ; ester : $\rho_e = 0{,}902$ g · mL^{-1}, $M_e = 88{,}1$ g · mol^{-1}

Le rendement est $\eta = \dfrac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{max}}}$.

Quantité d'ester obtenue (le filtrat est l'ester pur) : $n_{\text{exp}} = \dfrac{\rho_e V_{\text{ester}}}{M_e} = \dfrac{0{,}902 \times 12{,}0}{88{,}1} = 0{,}123$ mol

L'éthanol est le réactif limitant et une mole d'éthanol donne au plus une mole d'ester : $n_{\text{max}} = n_1 = \dfrac{\rho_1 V_1}{M_1} = \dfrac{0{,}789 \times 11{,}7}{46{,}1} = 0{,}200$ mol

$$\eta = \frac{\rho_e V_{\text{ester}} M_1}{M_e \rho_1 V_1} = 0{,}614$$

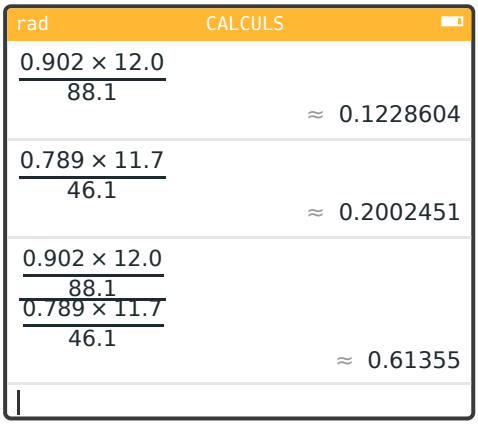
$\eta = 0{,}614$, soit un rendement de $61{,}4\ \%$

PIÈGE
Calculer n_{max} avec l'acide éthanoïque ($0{,}250$ mol), ou comparer des volumes. Le rendement se calcule en quantités de matière, par rapport au réactif limitant.

COMPRENDRE
Toutes les données ont trois chiffres significatifs : le résultat aussi. Diviser les valeurs arrondies ($0{,}123/0{,}200$) donnerait $0{,}615$: on garde les valeurs non arrondies dans la calculatrice.

MÉTHODE
Pour un liquide pur : $n = \dfrac{\rho V}{M}$, avec ρ en g · mL^{-1} et V en mL.

À LA CALCULATRICE



Q.8 Choisir la ou les bonnes propositions permettant d'augmenter le rendement de cette synthèse (A : éthanol en excès ; B : doubler le volume d'acide sulfurique ; C : éliminer l'eau produite). Justifier.

La transformation est limitée : elle aboutit à un équilibre entre l'estérification et la réaction inverse (hydrolyse de l'ester).

- **A, correcte** : un large excès d'un réactif déplace l'équilibre dans le sens direct. Le réactif limitant, ici l'acide éthanoïque, est alors davantage consommé.
- **B, fausse** : l'acide sulfurique est un catalyseur. Il permet d'atteindre plus vite l'état final, sans le modifier.
- **C, correcte** : en retirant l'eau au fur et à mesure, on empêche la réaction inverse. La transformation se poursuit dans le sens direct.

Les propositions **A** et **C** augmentent le rendement.

PIÈGE
Retenir B : accélérer une transformation n'augmente pas la quantité de produit obtenue à l'état final.

COMPRENDRE
Deux leviers à connaître pour une transformation non totale : introduire un réactif en excès, éliminer un produit. Le catalyseur et la température jouent sur la durée.

Q.9 Indiquer la verrerie nécessaire à la préparation de la solution étalon S_5 à partir de S_0, puis calculer sa concentration C_5.

Données utiles $C_0 = 3{,}58 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_5 = 10{,}0$ mL ; volume total $V = 50{,}0$ mL

Verrerie : une **pipette jaugée de 10,0 mL** (avec propipette) pour prélever S_0, versée au préalable dans un bécher, et une **fiole jaugée de 50,0 mL** complétée jusqu'au trait de jauge.

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve : $C_0\,V_5 = C_5\,V$, donc

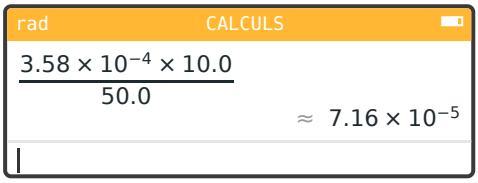
$$C_5 = \frac{C_0\,V_5}{V} = \frac{3{,}58 \times 10^{-4} \times 10{,}0}{50{,}0}$$

$C_5 = 7{,}16 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes : seule la verrerie jaugée est assez précise pour une solution étalon.

COMPRENDRE
La solution est diluée 5 fois. $C_5 = 71{,}6\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: c'est bien l'abscisse du cinquième point de la figure 3.

À LA CALCULATRICE



Q.10 Indiquer, en justifiant, la longueur d'onde à laquelle régler le spectrophotomètre pour les mesures d'absorbance.

On règle le spectrophotomètre sur la longueur d'onde du maximum d'absorption de l'espèce dosée : les absorbances mesurées sont les plus grandes possibles, donc les mesures plus précises.

Sur le spectre, le maximum d'absorbance ($A \approx 1{,}0$) est atteint pour une longueur d'onde voisine de 510 nm.

$\lambda_{\text{max}} \approx 510\ \text{nm}$

COMPRENDRE
La solution absorbe dans le bleu-vert (510 nm) : elle apparaît de la couleur complémentaire, rouge orangé.

Q.11 Justifier que la courbe d'étalonnage de la figure 3 vérifie la loi de Beer-Lambert.

La loi de Beer-Lambert affirme que l'absorbance est proportionnelle à la concentration de l'espèce colorée : $A = k\,C$.

Sur la figure 3, les points expérimentaux sont alignés sur une droite qui passe par l'origine, modélisée par $y = 0{,}0113\,x$ avec $R^2 = 0{,}9992$, très proche de 1.

A est proportionnelle à C, avec $k = 0{,}0113\ \text{L} \cdot \mu\text{mol}^{-1}$: la loi de Beer-Lambert est vérifiée.

PIÈGE
Écrire seulement « c'est une droite ». La proportionnalité exige une droite **passant par l'origine**.

Q.12 À partir de l'absorbance de la solution S, de la courbe d'étalonnage et des données, montrer que la quantité de matière de Fe_2O_3 dans l'échantillon vaut $0{,}80 \times 10^{-6}$ mol.

Données utiles $A_S = 0{,}360$; $A = 0{,}0113\,C$ avec C en $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (figure 3) ; $V = 50{,}0$ mL

Concentration des ions Fe^{2+} dans S, par lecture graphique ou avec l'équation de la droite : $C_S = \dfrac{A_S}{k} = \dfrac{0{,}360}{0{,}0113} = 31{,}9\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

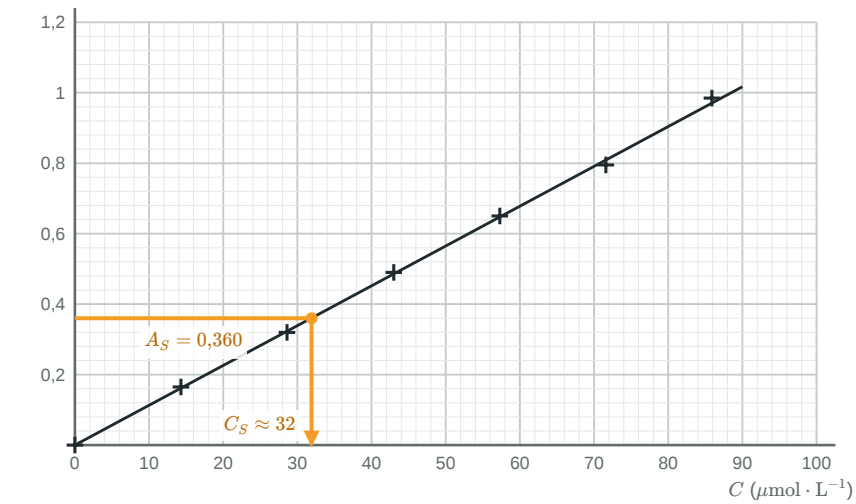
Quantité d'ions Fe^{2+} dans la fiole : $n(Fe^{2+}) = C_S\,V$

Chaque ion Fe^{3+} est réduit en un ion Fe^{2+} : $n(Fe^{3+}) = n(Fe^{2+})$.

D'après l'équation, une mole de Fe_2O_3 donne deux moles de Fe^{3+} et l'acide est en excès, donc

$$n(Fe_2O_3) = \frac{n(Fe^{3+})}{2} = \frac{C_S\,V}{2} = \frac{31{,}9 \times 10^{-6} \times 50{,}0 \times 10^{-3}}{2}$$

$n(Fe_2O_3) = 7{,}96 \times 10^{-7}$ mol $\approx 0{,}80 \times 10^{-6}$ mol, valeur attendue.



Q.12 · Figure 3 du sujet, avec la lecture pour la solution S

PIÈGE
Oublier le facteur 2 (deux ions fer par Fe_2O_3), ou laisser la concentration en $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et le volume en mL.

MÉTHODE
Dosage par étalonnage : 1) absorbance vers concentration par la droite ; 2) $n = C\,V$ dans la fiole ; 3) remonter à l'espèce cherchée avec les nombres stœchiométriques.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.360}{0.0113} \approx 31.85841$

$\dfrac{\frac{0.360}{0.0113} \times 1 \times 10^{-6} \times 50.0 \times 10^{-3}}{2} \approx 7.964602 \times 10^{-7}$

Q.13 En déduire si le vernis étudié possède un pouvoir couvrant optimal.

Données utiles $n(Fe_2O_3) = 0{,}80 \times 10^{-6}$ mol (Q.12) ; $M(Fe_2O_3) = 159{,}7$ g · mol^{-1} ; $m = 0{,}0103$ g ; pourcentage optimal : 5 %

Masse d'oxyde de fer (III) dans l'échantillon : $m(Fe_2O_3) = n(Fe_2O_3) \times M(Fe_2O_3) = 0{,}80 \times 10^{-6} \times 159{,}7 = 1{,}3 \times 10^{-4}$ g

Pourcentage massique : $w = \dfrac{m(Fe_2O_3)}{m} \times 100 = \dfrac{1{,}28 \times 10^{-4}}{0{,}0103} \times 100 = 1{,}2\ \%$

$w \approx 1{,}2\ \% < 5\ \%$: le vernis étudié n'a pas un pouvoir couvrant optimal.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $0{,}80 \times 10^{-6}$ mol. Le vernis contient environ quatre fois moins de pigment que la valeur optimale : l'écart dépasse largement l'incertitude de lecture.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.80 \times 10^{-6} \times 159.7 \approx 1.2776 \times 10^{-4}$

$\dfrac{1.2776 \times 10^{-4}}{0.0103} \times 100 \approx 1.240388$

Physique et raccordement routier

Bac 2025 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q.1 Déterminer la valeur de l'accélération du véhicule sur la portion OP à partir de la figure 2 et caractériser le mouvement du véhicule.

La portion OP est une ligne droite. Sur la figure 2, pendant la phase « ligne droite », l'accélération est nulle : $a = 0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = \vec{0}$, le vecteur vitesse est constant : la valeur de la vitesse ne change pas.

$a = 0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ sur OP : le mouvement du véhicule est **rectiligne uniforme**.

PIÈGE
Écrire seulement « uniforme ». Caractériser un mouvement, c'est donner la trajectoire (rectiligne) et l'évolution de la valeur de la vitesse (uniforme).

Q.2 Écrire les lignes de programme permettant de calculer les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération.

Chaque coordonnée de l'accélération est la dérivée de la coordonnée de la vitesse : $a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}$ et $a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}$.

Le programme l'approche par la variation de la vitesse entre deux dates successives, divisée par la durée `dt`, comme il le fait aux lignes 11 et 12 pour la vitesse à partir des positions.

Ligne 18 : `ax.append((vx[i+1]-vx[i])/dt)` Ligne 19 : `ay.append((vy[i+1]-vy[i])/dt)`

PIÈGE
Recopier les lignes 11 et 12 en gardant `x` et `y` : on recalculerait la vitesse. Il faut partir des listes `vx` et `vy`, et diviser par `dt`, pas par `t[i]`.

MÉTHODE
Dérivée numérique d'une grandeur g rangée dans une liste : `(g[i+1]-g[i])/dt`. Position → vitesse → accélération : la même ligne sert deux fois.

Q.3 À l'aide des valeurs du tableau, vérifier que la clothoïde permet « une augmentation linéaire dans le temps de l'accélération », en justifiant la méthode utilisée.

Données utiles tableau des valeurs de a de $t = 1{,}50$ s à $t = 9{,}00$ s ; accélération initiale nulle

L'accélération est nulle au départ : si elle augmente linéairement, elle est proportionnelle au temps, $a = k \times t$. Méthode : calculer le quotient $\dfrac{a}{t}$ pour chaque date et vérifier qu'il reste constant.

t (s)	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00
a ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$)	0,1587	0,3218	0,4824	0,6411	0,8070	0,9506
a/t ($\text{m}\cdot\text{s}^{-3}$)	0,106	0,107	0,107	0,107	0,108	0,106

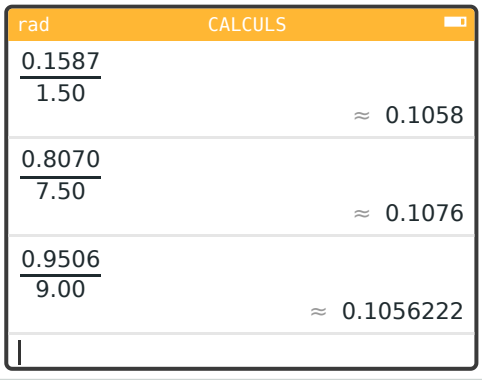
Le quotient varie de moins de 2 % d'une date à l'autre : il est constant aux incertitudes près.

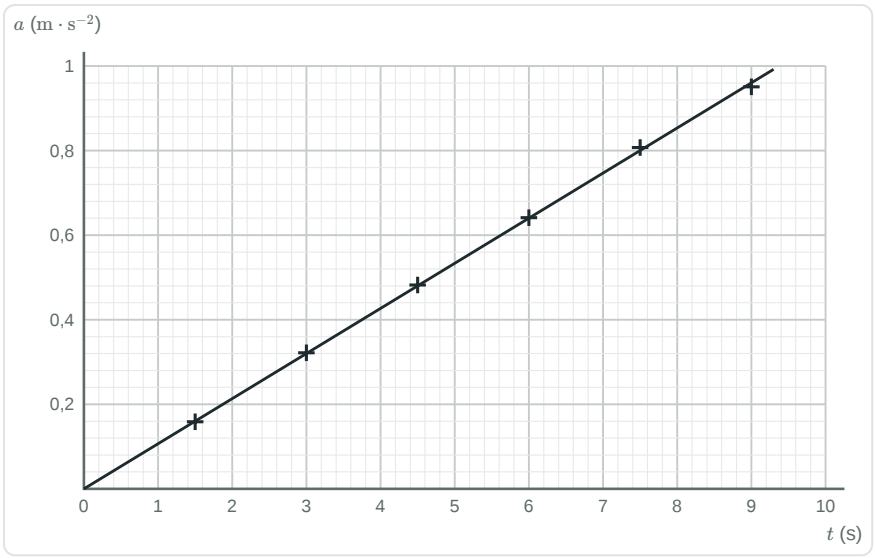
$\dfrac{a}{t} \approx 0{,}107\ \text{m}\cdot\text{s}^{-3}$ à chaque date : a est proportionnelle à t, l'augmentation est bien linéaire.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : t en a trois, a quatre ; le quotient s'écrit avec trois chiffres, comme la donnée la moins précise.

MÉTHODE
Deux façons de prouver une proportionnalité : un quotient constant, ou des points alignés sur une droite passant par l'origine (graphique ci-dessous). Une seule suffit, mais il faut la nommer.

À LA CALCULATRICE





Q.3 · Autre méthode : les points du tableau sont alignés avec l'origine

Q.4 Sur le schéma de l'annexe, tracer les vecteurs unitaires $\vec{u}_N$ et $\vec{u}_T$ du repère de Frenet au point M de la trajectoire en arc de cercle.

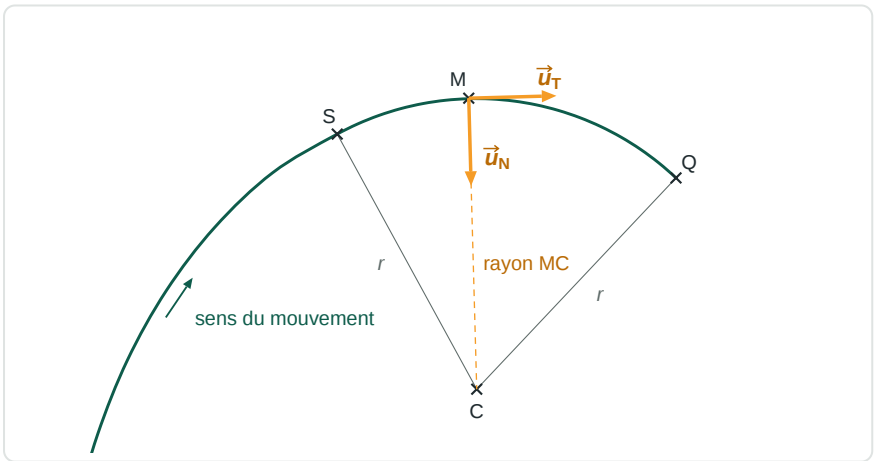
Les deux vecteurs partent de M et ont la même longueur (norme égale à 1).

- $\vec{u}_T$ est tangent à la trajectoire en M, dans le sens du mouvement (de S vers Q).
- $\vec{u}_N$ est perpendiculaire à $\vec{u}_T$ et dirigé vers le centre C du cercle : il est porté par le rayon MC.

Voir l'annexe : $\vec{u}_T$ tangent en M et orienté vers Q, $\vec{u}_N$ orienté de M vers C.

PIÈGE
Orienter $\vec{u}_N$ vers l'extérieur du virage, ou $\vec{u}_T$ vers S. Le véhicule vient de O : il parcourt l'arc de S vers Q.

MÉTHODE
Tracer d'abord le rayon MC à la règle : $\vec{u}_N$ est dessus, $\vec{u}_T$ lui est perpendiculaire (équerre).



Q.4 · Annexe (zoom sur l'arc de cercle) : repère de Frenet au point M

Q.5 Justifier que le vecteur accélération du véhicule entre les points S et Q s'exprime ainsi : $\vec{a} = \dfrac{v^2}{r}\,\vec{u}_N$.

Pour un mouvement circulaire de rayon r, le vecteur accélération s'écrit dans le repère de Frenet :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r}\,\vec{u}_N + \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\,\vec{u}_T$$

Entre S et Q, la valeur de la vitesse est constante ($v = 15{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$), donc $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0$: le mouvement est circulaire uniforme.

$\vec{a} = \dfrac{v^2}{r}\,\vec{u}_N$

COMPRENDRE
Une vitesse de valeur constante ne donne pas une accélération nulle : la direction de $\vec{v}$ change à chaque instant. L'accélération est alors centripète, dirigée vers C.

Q.6 Sur le schéma de l'annexe, représenter le vecteur accélération $\vec{a}$ au point M, à l'échelle 1,0 cm pour $1{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

Données utiles $v = 15{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$; $r = 75{,}0\ \mathrm{m}$

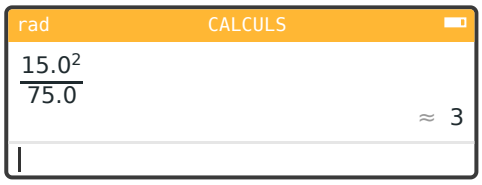
Valeur de l'accélération : $a = \dfrac{v^2}{r} = \dfrac{15{,}0^2}{75{,}0} = 3{,}00\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

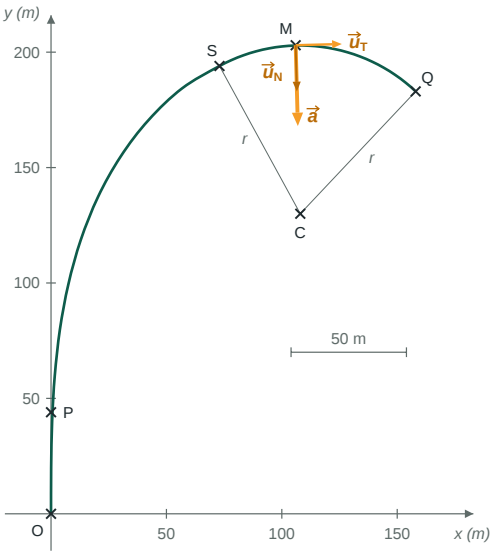
À l'échelle 1,0 cm pour $1{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$, la flèche mesure 3,0 cm. Elle part de M, a la direction et le sens de $\vec{u}_N$: elle pointe vers C.

$a = 3{,}00\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$: flèche de 3,0 cm, tracée de M vers C.

PIÈGE
Confondre l'échelle des accélérations avec le segment « 50 m » de l'annexe. La flèche se mesure à la règle (3,0 cm) et ne s'arrête pas au point C.

À LA CALCULATRICE





Q.6 · Annexe complétée, reproduite en réduction : sur l'annexe du sujet, la flèche de $\vec{a}$ mesure 3,0 cm

Q.7 Indiquer, en justifiant, le numéro du schéma qui représente correctement les trois forces, en s'appuyant sur les caractéristiques du vecteur accélération.

Système : le véhicule, de masse m ; référentiel terrestre supposé galiléen. Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\,\vec{a}$.

D'après Q.5, $\vec{a}$ est horizontal et dirigé vers C.

- Verticalement, l'accélération est nulle : $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$. Les flèches de $\vec{P}$ et $\vec{R}$ sont opposées et de même longueur, ce qui élimine les schémas 1 et 4 ($\vec{R}$ plus courte que $\vec{P}$).
- Il reste $\vec{f} = m\,\vec{a}$: $\vec{f}$ est horizontale et dirigée vers C, ce qui élimine le schéma 2 ($\vec{f}$ verticale) et le schéma 3 ($\vec{f}$ à l'opposé de C).

Le schéma **5** convient : $\vec{P}$ et $\vec{R}$ se compensent, $\vec{f}$ pointe vers C comme $\vec{a}$.

COMPRENDRE
C'est le frottement latéral de la chaussée sur les pneus qui fait tourner le véhicule. Sans lui (verglas), la somme des forces serait nulle et le véhicule continuerait tout droit.

MÉTHODE
La somme des forces a toujours la direction et le sens de $\vec{a}$. Trouver $\vec{a}$ d'abord, puis éliminer les schémas un critère à la fois.

Q.8 Dans le cas du virage étudié, choisir parmi les panneaux de limitation de vitesse (50, 70, 90 ou 110) celui qui devrait être placé avant le point O. Expliquer le raisonnement.

Données utiles $m = 1\,200$ kg ; $r = 75{,}0$ m ; force de frottement maximale : $10\,400$ N sur chaussée sèche, $7\,200$ N sur chaussée humide ; $\vec{f} = m\,\vec{a}$ (Q.7)

D'après Q.7 et Q.5, la force de frottement nécessaire pour suivre le virage vaut $f = m\,a = \dfrac{m\,v^2}{r}$.

Le véhicule ne dérape pas tant que $f < f_{\max}$, soit $\dfrac{m\,v^2}{r} < f_{\max}$, donc $v < \sqrt{\dfrac{r\,f_{\max}}{m}}$.

Chaussée sèche : $v < \sqrt{\dfrac{75{,}0 \times 10\,400}{1\,200}} = 25{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, soit $25{,}5 \times 3{,}6 = 91{,}8\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Chaussée humide : $v < \sqrt{\dfrac{75{,}0 \times 7\,200}{1\,200}} = 21{,}2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, soit $21{,}2 \times 3{,}6 = 76{,}4\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Le panneau doit protéger l'usager quel que soit l'état de la route : la vitesse doit rester inférieure à $76\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Le panneau 90 ne convient que sur route sèche ; le panneau 50 est inutilement restrictif.

Panneau **70** : à $70\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, le véhicule ne dérape ni sur chaussée sèche ni sur chaussée humide.

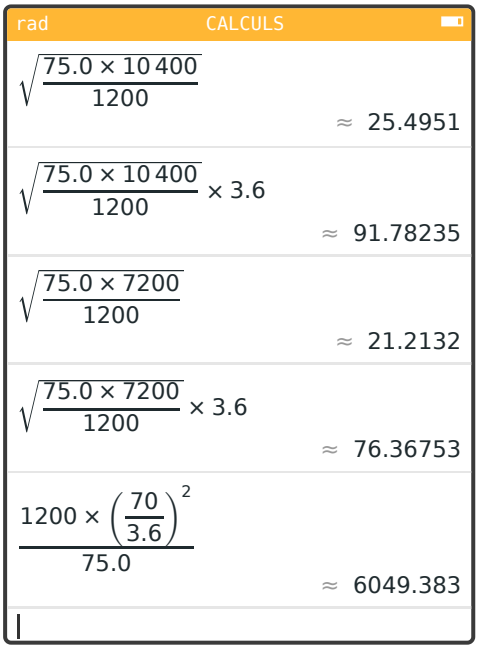
PIÈGE

Ne traiter que la chaussée sèche et choisir 90 : c'est le cas le plus défavorable (route humide) qui fixe la limitation. Penser aussi à convertir : $\times 3{,}6$ pour passer en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

COMPRENDRE

Vérification : à $70\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $f = \dfrac{m\,v^2}{r} \approx 6{,}05 \times 10^3$ N, inférieure à $7\,200$ N. La force nécessaire croît comme v^2 : à vitesse double, il faut quatre fois plus d'adhérence.

À LA CALCULATRICE



Traitement des eaux d'un bassin d'orage

Bac 2025 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 3 **6 points** **Durée conseillée 1 h 03**

Q.1 Nommer les deux forces qui s'exercent sur la bouée à l'équilibre et les représenter, sans souci d'échelle, sur un schéma annoté.

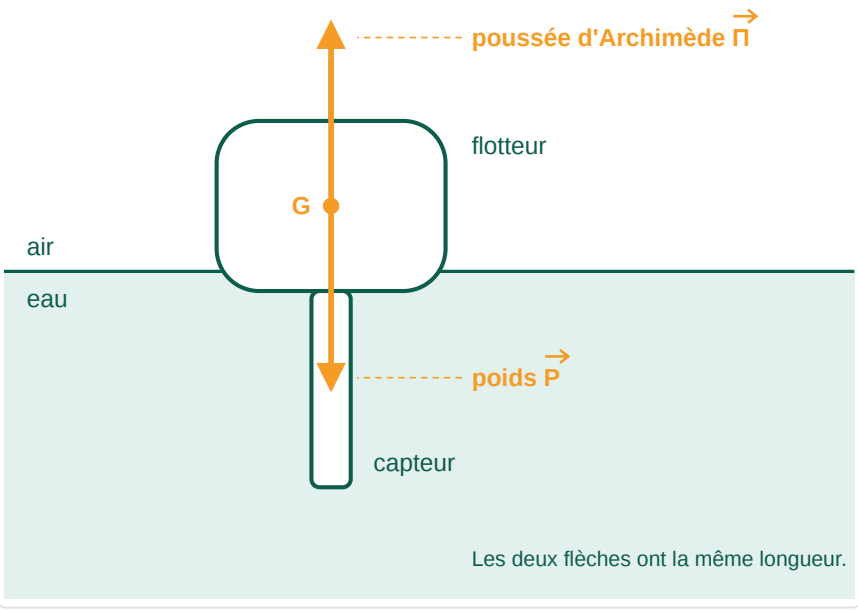
Système {bouée}, dans le référentiel terrestre. Elle est soumise à :

- son **poids** $\vec{P}$: vertical, vers le bas ;
- la **poussée d'Archimède** $\vec{\Pi}_A$ exercée par l'eau : verticale, vers le haut.

La bouée est à l'équilibre : $\vec{P} + \vec{\Pi}_A = \vec{0}$. Les deux forces ont la même norme.

Poids $\vec{P}$ (vers le bas) et poussée d'Archimède $\vec{\Pi}_A$ (vers le haut), flèches opposées de même longueur.

PIÈGE
« Sans souci d'échelle » ne dispense pas de la cohérence : à l'équilibre, deux flèches de longueurs différentes contredisent le schéma. Chaque flèche porte un nom.



Q.1 · Bouée à l'équilibre : les deux forces se compensent

Q.2 Déterminer la valeur du volume immergé V_{imm} de la bouée à l'équilibre.

Données utiles $m = 1{,}0$ kg ; $\rho_{eau} = 1{,}00 \times 10^3$ kg · m^{-3}

À l'équilibre, $\Pi_A = P$. Le volume de fluide déplacé est le volume immergé, donc :

$$\rho_{eau}\, V_{imm}\, g = m\, g \quad \text{soit} \quad V_{imm} = \frac{m}{\rho_{eau}}$$

$$V_{imm} = \frac{1{,}0}{1{,}00 \times 10^3}$$

$V_{imm} = 1{,}0 \times 10^{-3}$ m^3 (soit 1,0 L)

PIÈGE
Utiliser $V_{bouée}$ dans la poussée d'Archimède : seul le volume d'eau déplacé, donc la partie immergée, intervient.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la masse m, donnée la moins précise. L'intensité g se simplifie : le volume immergé ne dépend pas de la pesanteur.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.0}{1.00 \times 10^{3}} \approx 0.001$$

Q.3 En déduire la proportion du volume immergé par rapport au volume total de la bouée. Commenter.

Données utiles $V_{imm} = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$ (Q.2) ; $V_{bouée} = 6{,}7 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$; immersion maximale tolérée : 20 %

$$\frac{V_{imm}}{V_{bouée}} = \frac{1{,}0 \times 10^{-3}}{6{,}7 \times 10^{-3}} = 0{,}15$$

La bouée est immergée à 15 %, ce qui est inférieur à la limite de 20 % : les instruments de communication restent hors de l'eau.

$\dfrac{V_{imm}}{V_{bouée}} = 15\ \% < 20\ \%$: la condition de flottabilité est respectée.

MÉTHODE
« Commenter » se traite en deux temps : comparer la valeur calculée au critère chiffré de l'énoncé, puis conclure sur ce que cela implique concrètement pour le dispositif.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.0 \times 10^{-3}}{6.7 \times 10^{-3}} \approx 0.1492537$$

Q.4 Choisir, parmi les trois formules proposées, celle du débit volumique D_V et justifier par une analyse des unités.

Un débit volumique est un volume par unité de temps : il s'exprime en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La vitesse v est en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, la section S en m^2.

- $\dfrac{v}{S}$: $\dfrac{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{m}^2} = \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, ne convient pas ;
- $S \cdot v$: $\text{m}^2 \times \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, convient ;
- $v^2 \cdot S$: $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \times \text{m}^2 = \text{m}^4 \cdot \text{s}^{-2}$, ne convient pas.

$D_V = S \cdot v$

MÉTHODE
Pour départager des formules, écrire l'unité attendue du membre de gauche, puis celle de chaque expression proposée. Une seule doit coïncider ; éliminer explicitement les autres.

Q.5 Montrer par un calcul que le débit volumique de l'eau dans la canalisation vaut $D_V = 1{,}3 \times 10^{-2}\ \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Données utiles $d_A = 55$ mm ; $v_A = 5{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

En A, la section est un disque de diamètre d_A : $S_A = \pi \left(\dfrac{d_A}{2}\right)^2$.

$$D_V = S_A \cdot v_A = \pi \left(\frac{d_A}{2}\right)^2 v_A$$

$$D_V = \pi \times \left(\frac{55 \times 10^{-3}}{2}\right)^2 \times 5{,}6 = 1{,}33 \times 10^{-2}\ \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$D_V = 1{,}3 \times 10^{-2}\ \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, valeur attendue.

PIÈGE
Oublier de convertir d_A en mètres, ou utiliser le diamètre à la place du rayon : le débit est alors faux d'un facteur 10^6 ou 4.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\pi \times \left(\frac{55 \times 10^{-3}}{2}\right)^2 \times 5.6 \approx 0.01330464$$

Q.6 À l'aide de la conservation du débit volumique, montrer que la vitesse de l'eau au point B vaut $16\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Données utiles $d_A = 55$ mm ; $d_B = 33$ mm ; $v_A = 5{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

L'eau est incompressible et le régime permanent : le débit volumique est le même en A et en B.

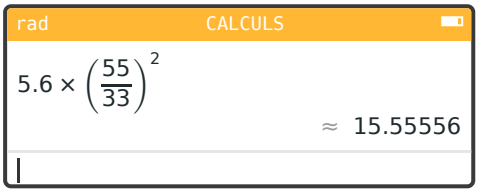
$$S_A\, v_A = S_B\, v_B \quad \text{soit} \quad \pi \frac{d_A^2}{4} v_A = \pi \frac{d_B^2}{4} v_B$$

$$v_B = v_A \left(\frac{d_A}{d_B}\right)^2 = 5{,}6 \times \left(\frac{55}{33}\right)^2 = 15{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v_B \approx 16\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, valeur attendue.

COMPRENDRE
Dans un rapport, les deux diamètres peuvent rester en millimètres. La vitesse varie comme l'inverse du carré du diamètre : une section plus étroite impose un écoulement plus rapide.

À LA CALCULATRICE



Q.7 Nommer le phénomène physique observé au point B et responsable de l'aspiration de l'air.

Dans le rétrécissement, la vitesse de l'eau augmente et sa pression diminue : la dépression créée en B aspire l'air par la conduite verticale.

C'est l'**effet Venturi**.

Q.8 Montrer que la variation de pression $\Delta p = p_B - p_A$ entre A et B s'écrit $\Delta p = \frac{1}{2}\rho\,(v_A^2 - v_B^2)$.

La relation de Bernoulli s'écrit entre A et B :

$$p_A + \frac{1}{2}\rho\, v_A^2 + \rho\, g\, z_A = p_B + \frac{1}{2}\rho\, v_B^2 + \rho\, g\, z_B$$

La conduite est horizontale : $z_A = z_B$, les termes $\rho\, g\, z$ se simplifient.

$$p_B - p_A = \frac{1}{2}\rho\, v_A^2 - \frac{1}{2}\rho\, v_B^2$$

$$\Delta p = p_B - p_A = \frac{1}{2}\rho\,(v_A^2 - v_B^2)$$

PIÈGE
Inverser l'ordre : Δp vaut $p_B - p_A$, mais c'est $v_A^2 - v_B^2$ qui apparaît dans la parenthèse. Justifier $z_A = z_B$ par le mot « horizontale ».

Q.9 Calculer la valeur numérique de Δp. Commenter.

Données utiles $\rho_{eau} = 1{,}00 \times 10^3\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $v_A = 5{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $v_B = 16\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Q.6)

$$\Delta p = \frac{1}{2} \times 1{,}00 \times 10^3 \times (5{,}6^2 - 16^2) = -1{,}1 \times 10^5\ \text{Pa}$$

$\Delta p < 0$: la pression est plus faible en B qu'en A. Cette forte dépression au niveau du rétrécissement explique l'aspiration de l'air, en accord avec l'effet Venturi.

$\Delta p = -1{,}1 \times 10^5$ Pa : la pression chute en B.

PIÈGE
Perdre le signe « − » ou oublier de mettre les vitesses au carré. Le commentaire attendu porte sur le signe, pas seulement sur la valeur.

COMPRENDRE
Cette chute est de l'ordre de la pression atmosphérique ($1{,}0 \times 10^5$ Pa). Elle n'est possible que si p_A dépasse $1{,}1 \times 10^5$ Pa, une pression ne pouvant pas être négative : le modèle atteint ici sa limite.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.5 \times 1.00 \times 10^3 \times (5.6^2 - 16^2)$

≈ -112320

Q.10 Montrer qu'il faut ajouter 344 g de dioxygène à l'eau du bassin pour que le taux de dioxygène atteigne $6\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données utiles taux initial : $4\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_{eau} = 172\ \text{m}^3$

Le taux doit augmenter de $6 - 4 = 2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, soit $2 \times 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Volume du bassin : $V_{eau} = 172\ \text{m}^3 = 172 \times 10^3\ \text{L}$.

$$m(\text{O}_2) = 2 \times 10^{-3} \times 172 \times 10^3$$

$m(\text{O}_2) = 344$ g, valeur attendue.

PIÈGE
Calculer avec $6\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: l'eau contient déjà $4\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, seul l'écart est à apporter. Rappel : $1\ \text{m}^3 = 10^3$ L.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$2 \times 10^{-3} \times 172 \times 10^3$

≈ 344

Q.11 Calculer le volume d'eau que l'aérateur doit brasser pour que la masse de dioxygène nécessaire soit assimilée.

Données utiles $m(\text{O}_2) = 344$ g (Q.10) ; 6 mg de dioxygène assimilés par litre d'eau brassé

Chaque litre brassé apporte 6×10^{-3} g de dioxygène. Par proportionnalité :

$$V_{brassé} = \frac{344}{6 \times 10^{-3}} = 5{,}7 \times 10^4\ \text{L}$$

$V_{brassé} = 5{,}7 \times 10^4\ \text{L} = 57\ \text{m}^3$

COMPRENDRE
Ce volume représente le tiers du bassin : il suffit de faire passer une partie de l'eau dans l'aérateur, le dioxygène se répartit ensuite dans tout le bassin.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{344}{6 \times 10^{-3}}$

≈ 57333.33

Q.12 Déterminer si l'oxygénation de l'eau peut être réalisée en moins de deux heures dans ces conditions.

Données utiles $V_{brassé} = 57\ \text{m}^3$ (Q.11) ; $D_V = 1{,}3 \times 10^{-2}\ \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Q.5)

L'aérateur brasse l'eau avec le débit $D_V = \dfrac{V_{brassé}}{\Delta t}$, donc :

$$\Delta t = \frac{V_{brassé}}{D_V} = \frac{57}{1{,}3 \times 10^{-2}} = 4{,}4 \times 10^3\ \text{s}$$

Soit $\Delta t = \dfrac{4{,}4 \times 10^3}{3600} = 1{,}2\ \text{h}$, durée inférieure à 2 h.

$\Delta t = 4{,}4 \times 10^3\ \text{s} \approx 1{,}2\ \text{h} < 2\ \text{h}$: l'oxygénation peut être faite à temps.

MÉTHODE

Question de synthèse : repérer les résultats déjà établis (volume à brasser, débit), les relier par une relation, convertir dans l'unité du critère, puis conclure par une comparaison explicite.

À LA CALCULATRICE

