Corrigé complet — Bac 2025 Polynésie Jour 2

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

Ex 1	**Exploration du ciel profond par le télescope James WEBB** Interaction gravitationnelle · Repère de Frenet · Deuxième loi de Newton · Mouvement circulaire uniforme et période · Effet Doppler · Loi de Hubble-Lemaître	11 pts	1 h 56	15 questions	p. 2
Ex 2	**étude d'un produit ménager "fait maison"** Formule semi-développée · Titre massique et quantité de matière · Acide faible et constante d'acidité · Diagramme de distribution · Réaction acide-base · Équation d'état du gaz parfait	5 pts	53 min	9 questions	p. 9
Ex 3	**étude d'un soin capillaire** Nomenclature et groupes caractéristiques · Spectroscopie infrarouge · Dilution · Titrage colorimétrique · Équivalence · Titre massique et incertitude-type	4 pts	42 min	9 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.

Exploration du ciel profond par le télescope James WEBB

Bac 2025 Polynésie Jour 2 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

Q1 Indiquer les raisons pour lesquelles il n'aurait pas été judicieux de placer le télescope JWST au point de Lagrange L1.

Le point L1 se trouve entre le Soleil et la Terre.

- Le télescope n'y serait plus dans l'ombre de la Terre : il recevrait en permanence le rayonnement thermique du Soleil, dont il doit être protégé.
- Tourné vers le ciel profond, à l'opposé du Soleil, il aurait la Terre dans son champ : elle cacherait une partie du ciel à observer.

En L1, JWST serait exposé au rayonnement du Soleil et gêné par la Terre dans sa visée.

COMPRENDRE
L'énoncé donne la clé : en L2, le télescope reste toute l'année dans l'ombre portée de la Terre. Il suffit de regarder sur la figure 1 ce qui change en L1.

Q2 Représenter l'alignement du Soleil (S), de la Terre (T) et du télescope JWST (J) situé en L2, avec les distances $D_{T\text{-}S}$ et $D_{T\text{-}J}$. Calculer la distance $D_{S\text{-}J}$.

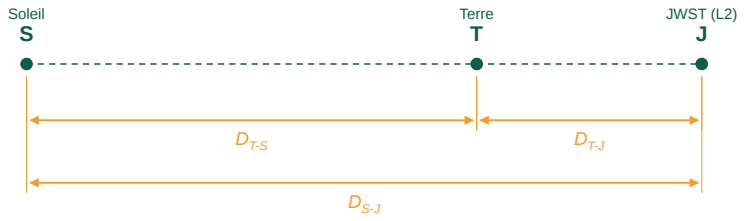
Données utiles $D_{T\text{-}S} = 149{,}6 \times 10^6$ km ; $D_{T\text{-}J} = 1{,}511 \times 10^6$ km

L2 est sur la droite Soleil-Terre, au-delà de la Terre : T est entre S et J (schéma).

$$D_{S\text{-}J} = D_{T\text{-}S} + D_{T\text{-}J} = 149{,}6 \times 10^6 + 1{,}511 \times 10^6 = 151{,}111 \times 10^6 \text{ km}$$

$$\boxed{D_{S\text{-}J} = 151{,}1 \times 10^6 \text{ km}}$$

COMPRENDRE
Pour une somme, on arrondit au rang du terme le moins précis : $149{,}6 \times 10^6$ km est connu à $0{,}1 \times 10^6$ km près, le résultat aussi. C'est la valeur reprise ensuite par l'énoncé.



Q2 · Alignement Soleil, Terre, JWST (sans souci d'échelle)

Q3 Exprimer la force d'attraction gravitationnelle $F_{T\text{-}J}$ qu'exerce la Terre sur le télescope JWST en fonction de G, m_J, M_T et $D_{T\text{-}J}$, puis la calculer.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N · m^2 · kg^{-2} ; $m_J = 6{,}17 \times 10^3$ kg ; $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg ; $D_{T\text{-}J} = 1{,}511 \times 10^6$ km

$$F_{T\text{-}J} = G\,\frac{m_J\,M_T}{D_{T\text{-}J}^2}$$

Avec $D_{T\text{-}J} = 1{,}511 \times 10^6 \text{ km} = 1{,}511 \times 10^9 \text{ m}$:

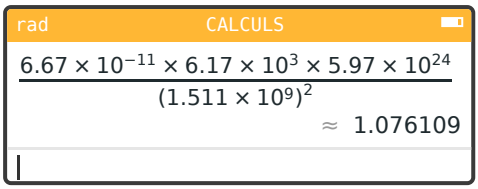
$$F_{T\text{-}J} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{6{,}17 \times 10^3 \times 5{,}97 \times 10^{24}}{(1{,}511 \times 10^9)^2}$$

$$\boxed{F_{T\text{-}J} = 1{,}08 \text{ N}}$$

PIÈGE
Laisser la distance en kilomètres : le résultat serait un million de fois trop grand. Avec G en N · m^2 · kg^{-2}, les distances sont en mètres.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme G, m_J et M_T, les données les moins précises du calcul.

À LA CALCULATRICE



Q4 Représenter sur le schéma de la question Q2, sans souci d'échelle, les vecteurs $\overrightarrow{F_{T\text{-}J}}$ et $\overrightarrow{F_{S\text{-}J}}$.

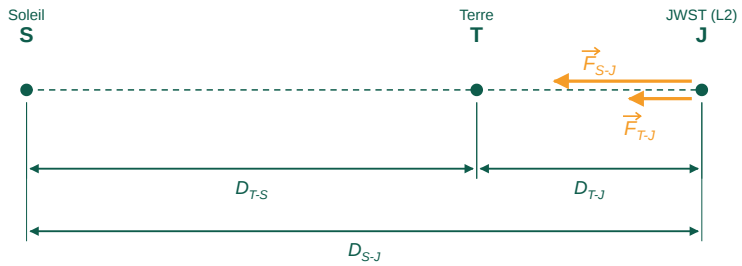
Données utiles $F_{S\text{-}J} = 35{,}9$ N ; $F_{T\text{-}J} = 1{,}08$ N (Q3)

Les deux forces s'appliquent au point J. Elles sont attractives : $\overrightarrow{F_{T\text{-}J}}$ est dirigée de J vers T et $\overrightarrow{F_{S\text{-}J}}$ de J vers S.

Comme S, T et J sont alignés avec T entre S et J, les deux vecteurs ont la même direction et le même sens. $\overrightarrow{F_{S\text{-}J}}$ est tracé plus long que $\overrightarrow{F_{T\text{-}J}}$.

Deux vecteurs d'origine J, portés par la droite (SJ), tous deux orientés vers le Soleil.

PIÈGE
Placer l'origine des vecteurs sur la Terre ou le Soleil. Une force se représente sur le corps qui la subit, ici le télescope.



Q4 · Les deux forces subies par JWST, dirigées vers la Terre et le Soleil

Q5 Vérifier que la valeur de la force résultante $\vec{F} = \overrightarrow{F_{T\text{-}J}} + \overrightarrow{F_{S\text{-}J}}$ vaut approximativement $F = 37{,}0$ N.

Données utiles $F_{S\text{-}J} = 35{,}9$ N ; $F_{T\text{-}J} = 1{,}08$ N (Q3)

Les deux forces ont la même direction et le même sens (Q4) : leurs valeurs s'ajoutent.

$F = F_{T\text{-}J} + F_{S\text{-}J} = 1{,}08 + 35{,}9 = 36{,}98$ N

$F = 36{,}98$ N $\approx 37{,}0$ N : c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Additionner les valeurs sans justification. La norme d'une somme de vecteurs n'est la somme des normes que si les vecteurs ont même direction et même sens : il faut l'écrire.

Q6 Exprimer la distance effective D_{eff} en fonction de M_S, M_T, $D_{S\text{-}J}$ et $D_{T\text{-}J}$ et vérifier que $D_{\text{eff}} = 1{,}49 \times 10^{11}$ m.

Données utiles $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg ; $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg ; $D_{S\text{-}J} = 151{,}1 \times 10^{9}$ m ; $D_{T\text{-}J} = 1{,}511 \times 10^{9}$ m

On égale les deux expressions de F et on simplifie par $G\,m_J$:

$$\frac{M_S}{D_{\text{eff}}^2} = \frac{M_S}{D_{S\text{-}J}^2} + \frac{M_T}{D_{T\text{-}J}^2}$$

$$D_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{M_S}{\dfrac{M_S}{D_{S\text{-}J}^2} + \dfrac{M_T}{D_{T\text{-}J}^2}}}$$

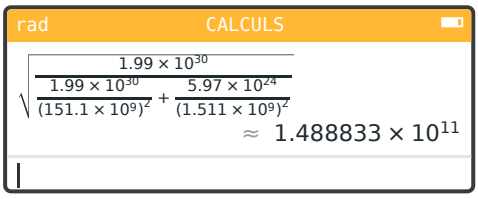
$$D_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1{,}99 \times 10^{30}}{\dfrac{1{,}99 \times 10^{30}}{(151{,}1 \times 10^{9})^2} + \dfrac{5{,}97 \times 10^{24}}{(1{,}511 \times 10^{9})^2}}} = 1{,}489 \times 10^{11}\ \text{m}$$

$D_{\text{eff}} = 1{,}49 \times 10^{11}$ m : c'est la valeur attendue.

COMPRENDRE
D_{eff} est un peu plus petite que $D_{S\text{-}J}$: tout se passe comme si le Soleil agissait seul, mais d'un peu plus près, ce qui compense l'attraction supplémentaire de la Terre.

MÉTHODE
Saisir le dénominateur entre parenthèses et convertir les deux distances en mètres avant de taper : $151{,}1 \times 10^{6}\ \text{km} = 151{,}1 \times 10^{9}\ \text{m}$.

À LA CALCULATRICE



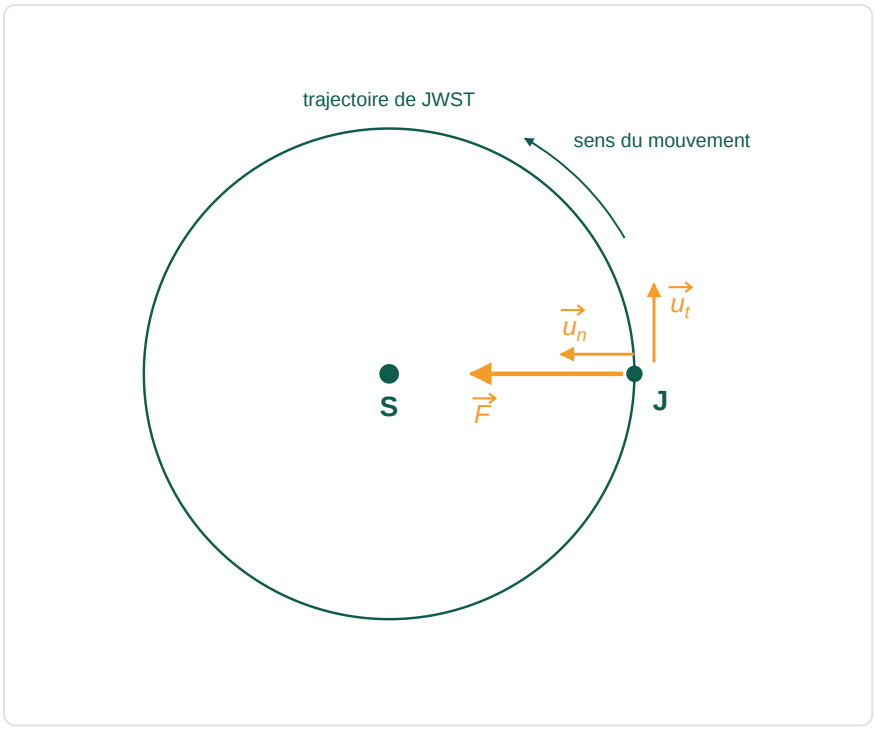
Q7 Sur un schéma de la trajectoire circulaire du télescope, représenter sans souci d'échelle les vecteurs $\overrightarrow{u_n}$ et $\overrightarrow{u_t}$ du repère de Frenet au niveau du télescope JWST, ainsi que la force $\overrightarrow{F}$.

Au point J de la trajectoire circulaire de centre S :

- $\overrightarrow{u_t}$ est tangent au cercle, dans le sens du mouvement ;
- $\overrightarrow{u_n}$ est perpendiculaire à $\overrightarrow{u_t}$, porté par le rayon et orienté vers le centre S ;
- $\overrightarrow{F}$ a son origine en J et pointe vers S : elle a la direction et le sens de $\overrightarrow{u_n}$.

$\overrightarrow{u_t}$ tangent, $\overrightarrow{u_n}$ et $\overrightarrow{F}$ dirigés de J vers S.

PIÈGE
Orienter $\overrightarrow{u_n}$ vers l'extérieur du cercle. Le vecteur normal du repère de Frenet pointe toujours vers le centre de la trajectoire.



Q7 · Repère de Frenet au niveau de JWST et force résultante

Q8 Donner l'expression de l'accélération normale a_n du télescope JWST en fonction de la vitesse v et du rayon de la trajectoire $D_{S\text{-}J}$.

Pour un mouvement circulaire de rayon $D_{S\text{-}J}$, dans le repère de Frenet :

$$a_n = \frac{v^2}{D_{S\text{-}J}}$$

PIÈGE
Écrire D_{eff} au dénominateur. L'accélération normale fait intervenir le rayon réel du cercle parcouru, $D_{S\text{-}J}$; D_{eff} ne sert qu'à exprimer la force.

Q9 En appliquant la deuxième loi de Newton dans le référentiel d'étude, supposé galiléen, déterminer l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse du télescope JWST en fonction de G, M_S, D_{eff} et $\overrightarrow{u_n}$.

Système {télescope JWST}, de masse m_J constante ; référentiel héliocentrique supposé galiléen ; force extérieure : la résultante $\overrightarrow{F}$ des attractions du Soleil et de la Terre.

Deuxième loi de Newton : $\sum \overrightarrow{F}_{\text{ext}} = m_J\,\vec{a}$, soit

$$G\frac{m_J\,M_S}{D_{\text{eff}}^2}\overrightarrow{u_n} = m_J\,\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{G\,M_S}{D_{\text{eff}}^2}\overrightarrow{u_n}$$

COMPRENDRE
La masse m_J se simplifie : l'accélération, donc le mouvement, ne dépend pas de la masse du télescope.

MÉTHODE
Toujours annoncer le système, le référentiel et le bilan des forces avant d'écrire la deuxième loi de Newton : ces trois lignes sont notées.

Q10 Montrer que la vitesse v du télescope JWST s'écrit $v = \sqrt{\dfrac{G\,M_S\,D_{S\text{-}J}}{D_{\text{eff}}^2}}$.

Dans le repère de Frenet : $\vec{a} = \dfrac{v^2}{D_{S\text{-}J}}\overrightarrow{u_n} + \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\overrightarrow{u_t}$.

D'après Q9 : $\vec{a} = \dfrac{G\,M_S}{D_{\text{eff}}^2}\overrightarrow{u_n}$.

Par identification selon $\overrightarrow{u_n}$:

$$\frac{v^2}{D_{S\text{-}J}} = \frac{G\,M_S}{D_{\text{eff}}^2} \quad \text{donc} \quad v^2 = \frac{G\,M_S\,D_{S\text{-}J}}{D_{\text{eff}}^2}$$

$v = \sqrt{\dfrac{G\,M_S\,D_{S\text{-}J}}{D_{\text{eff}}^2}}$: c'est l'expression attendue.

COMPRENDRE

Selon $\overrightarrow{u_t}$, l'identification donne $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0$: la vitesse est constante, le mouvement circulaire est uniforme. C'est ce qui autorise $v = \dfrac{2\pi D_{S\text{-}J}}{T}$ à la question suivante.

Q11 En déduire que la période de révolution du télescope JWST est $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{D_{S\text{-}J}\,D_{\text{eff}}^2}{G\,M_S}}$. Calculer sa valeur en jours et vérifier la cohérence avec la valeur attendue.

Données utiles $D_{S\text{-}J} = 151{,}1 \times 10^9$ m ; $D_{\text{eff}} = 1{,}49 \times 10^{11}$ m (Q6) ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N · m^2 · kg^{-2} ; $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg

Le mouvement est uniforme : en une période T, le télescope parcourt le périmètre $2\pi D_{S\text{-}J}$ du cercle, donc $T = \dfrac{2\pi D_{S\text{-}J}}{v}$.

$$T = 2\pi D_{S\text{-}J}\sqrt{\frac{D_{\text{eff}}^2}{G\,M_S\,D_{S\text{-}J}}} = 2\pi\sqrt{\frac{D_{S\text{-}J}^2\,D_{\text{eff}}^2}{G\,M_S\,D_{S\text{-}J}}} = 2\pi\sqrt{\frac{D_{S\text{-}J}\,D_{\text{eff}}^2}{G\,M_S}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{151{,}1\times10^9\times(1{,}49\times10^{11})^2}{6{,}67\times10^{-11}\times1{,}99\times10^{30}}} = 3{,}16\times10^7 \text{ s}$$

En jours : $T = \dfrac{3{,}16\times10^7}{24\times3600} \approx 366$ jours.

Placé en un point de Lagrange, le télescope doit tourner autour du Soleil avec la même période que la Terre, soit environ 365 jours. L'écart est inférieur à 0,5 % : le résultat est cohérent.

$T = 3{,}16\times10^7$ s ≈ 366 jours, soit un an, comme la Terre.

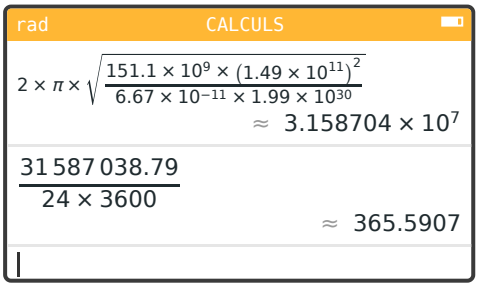
COMPRENDRE

Avec la valeur non arrondie de D_{eff} (Q6), on obtient 365,3 jours. Selon l'arrondi gardé, 365 ou 366 jours sont recevables : dans les deux cas, la période est d'un an.

MÉTHODE

Pour entrer $D_{S\text{-}J}$ sous la racine, l'écrire $\sqrt{D_{S\text{-}J}^2}$, puis simplifier par $D_{S\text{-}J}$.

À LA CALCULATRICE



Q12 Indiquer, en justifiant, la raison pour laquelle seule la raie H_α de l'atome d'hydrogène émise par la galaxie TGS153Z170 peut être observée par le télescope JWST.

Données utiles JWST sensible de 0,6 µm à 28 µm ; spectre de la galaxie : H_γ à 451 nm, H_β à 507 nm, H_α à 683 nm

Le télescope détecte les longueurs d'onde comprises entre $0{,}6\ \mu\text{m} = 600\ \text{nm}$ et $28\ \mu\text{m} = 28\,000\ \text{nm}$.

Sur le spectre de la galaxie : $451\ \text{nm} < 600\ \text{nm}$ et $507\ \text{nm} < 600\ \text{nm}$, alors que $600\ \text{nm} < 683\ \text{nm} < 28\,000\ \text{nm}$.

Seule la raie H_α reçue à 683 nm se trouve dans le domaine de sensibilité de JWST.

PIÈGE
Lire les longueurs d'onde sur le spectre du laboratoire. Ce que reçoit le télescope, ce sont les raies décalées du spectre de la galaxie.

Q13 Préciser si la valeur de f'_H est plus grande ou plus petite que la valeur de f_H et indiquer si la galaxie TGS153Z170 s'éloigne ou se rapproche de la Terre.

Données utiles raie H_α : $\lambda_H = 656$ nm au laboratoire ; $\lambda'_H = 683$ nm pour la galaxie

Les spectres donnent $\lambda'_H = 683\ \text{nm} > \lambda_H = 656\ \text{nm}$.

Or $f = \dfrac{c}{\lambda}$: la fréquence diminue quand la longueur d'onde augmente, donc $f'_H < f_H$.

Par effet Doppler, une fréquence reçue plus petite que la fréquence émise indique que la source s'éloigne de l'observateur.

f'_H est plus petite que f_H : la galaxie s'éloigne de la Terre.

COMPRENDRE
Toutes les raies sont décalées vers les grandes longueurs d'onde, c'est-à-dire vers le rouge : c'est le décalage vers le rouge évoqué par le texte, signature d'un éloignement.

Q14 À l'aide de la formule (1), exprimer puis calculer la vitesse de déplacement v_{Gal} de la galaxie TGS153Z170 par rapport à la Terre.

Données utiles $\lambda_H = 656$ nm ; $\lambda'_H = 683$ nm ; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$\lambda'_H = \lambda_H \left(1 + \dfrac{v_{Gal}}{c}\right)$ donne $\dfrac{\lambda'_H}{\lambda_H} = 1 + \dfrac{v_{Gal}}{c}$, d'où

$$v_{Gal} = c\left(\frac{\lambda'_H}{\lambda_H} - 1\right)$$

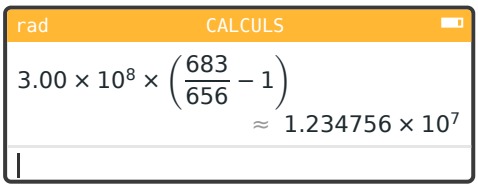
$$v_{Gal} = 3{,}00 \times 10^8 \times \left(\frac{683}{656} - 1\right)$$

$v_{Gal} = 1{,}23 \times 10^7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Inverser le rapport : $\dfrac{656}{683} - 1$ donne une vitesse négative, incompatible avec l'éloignement établi à la question précédente.

COMPRENDRE
Le rapport des deux longueurs d'onde est sans unité : on peut les laisser en nanomètres. La galaxie s'éloigne à environ 4 % de la célérité de la lumière.

À LA CALCULATRICE



Q15 Calculer, en mégaparsecs puis en mètres, la distance D à laquelle la galaxie TGS153Z170 se trouve de la Terre.

Données utiles $v_{Gal} = 1{,}235 \times 10^{7}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Q14, valeur non arrondie) ; $H_0 = 70 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$; $1\ \text{Mpc} = 3{,}1 \times 10^{22}\ \text{m}$

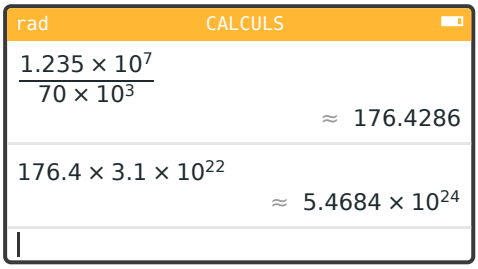
Loi de Hubble-Lemaître : $v_{Gal} = H_0\, D$, donc $D = \dfrac{v_{Gal}}{H_0}$.

$$D = \frac{1{,}235 \times 10^{7}}{70 \times 10^{3}} = 176{,}4\ \text{Mpc} \approx 1{,}8 \times 10^{2}\ \text{Mpc}$$

En mètres : $D = 176{,}4 \times 3{,}1 \times 10^{22} = 5{,}5 \times 10^{24}\ \text{m}$.

$$\boxed{D = 1{,}8 \times 10^{2}\ \text{Mpc} = 5{,}5 \times 10^{24}\ \text{m}}$$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Convertir à partir de la valeur arrondie $1{,}8 \times 10^{2}$ Mpc donne $5{,}6 \times 10^{24}$ m. On garde les valeurs intermédiaires non arrondies et on arrondit seulement à la fin.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, comme H_0 et la valeur du mégaparsec. H_0 étant donnée en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$, le quotient sort directement en mégaparsecs.

étude d'un produit ménager "fait maison"

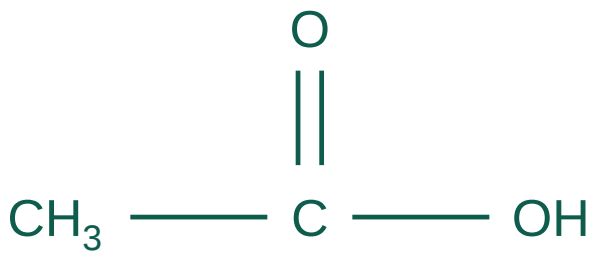
Bac 2025 Polynésie Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 À partir de la formule topologique de la figure 1, représenter la formule semi-développée de l'acide éthanoïque.

La chaîne compte deux atomes de carbone : celui du bout de segment (groupe CH_3) et celui du sommet, lié à O par une double liaison et au groupe OH.

Formule semi-développée : CH_3-COOH, représentée ci-dessous avec la double liaison $C=O$ apparente.

PIÈGE
Dans une formule semi-développée, les liaisons avec les atomes d'hydrogène ne sont pas dessinées : on écrit CH_3 et OH. Dessiner toutes les liaisons $C-H$ donne la formule développée, qui n'est pas demandée.



Q1 · Formule semi-développée de l'acide éthanoïque

Q2 Montrer que la quantité de matière n d'acide éthanoïque contenue dans un volume $V = 1{,}0$ L de vinaigre blanc à 8,0 % en masse est voisine de 1,3 mol.

Données utiles $\rho = 1{,}01\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; $M = 60\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; titre massique $w = 8{,}0\ \% = 0{,}080$; $V = 1{,}0\ \text{L} = 1{,}0\times10^3\ \text{mL}$

Masse du vinaigre : $m_{\text{vinaigre}} = \rho V$.

Masse d'acide éthanoïque : $m = w\,\rho\,V$.

Quantité de matière : $n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{w\,\rho\,V}{M}$

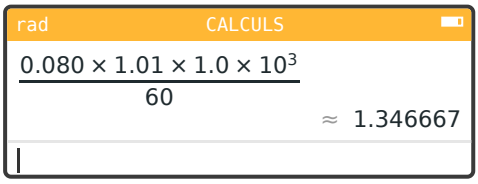
$$n = \frac{0{,}080\times1{,}01\times1{,}0\times10^3}{60} = 1{,}35\ \text{mol}$$

$n = 1{,}35$ mol, valeur voisine de $1{,}3$ mol comme annoncé.

PIÈGE
La masse volumique est en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$: le volume doit être converti en mL ($1{,}0\ \text{L} = 1000\ \text{mL}$). Avec $V = 1{,}0$, on trouve une valeur mille fois trop petite.

COMPRENDRE
Les données ont deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit $1{,}3$ mol. On garde $1{,}35$ mol comme valeur intermédiaire pour ne pas cumuler les arrondis dans la suite.

À LA CALCULATRICE



Q3 Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation entre l'acide éthanoïque, acide faible, et l'eau.

L'acide AH cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base (couples AH/A^- et H_3O^+/H_2O). L'acide est faible : la transformation n'est pas totale, on écrit une double flèche.

$$AH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons A^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

PIÈGE
Une flèche simple signifierait que l'acide est fort, ce qui contredit l'énoncé. Les états physiques sont attendus : (aq) pour les espèces dissoutes, (l) pour l'eau.

Q4 Donner l'expression littérale de la constante d'acidité K_A du couple $\mathrm{AH(aq)/A^-(aq)}$ en fonction de c° et des concentrations à l'équilibre de $\mathrm{H_3O^+}$, AH et $\mathrm{A^-}$.

K_A est la constante d'équilibre de la réaction de l'acide avec l'eau (Q3) ; l'eau, solvant, n'y figure pas.

$$K_A = \frac{[\mathrm{A^-}]_{\text{éq}} \times [\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{AH}]_{\text{éq}} \times c^\circ}$$

COMPRENDRE
Chaque concentration est divisée par c° : il reste un seul c° au dénominateur après simplification, et K_A est sans unité.

Q5 À l'aide du diagramme de distribution de la figure 2, déterminer la valeur du $\mathrm{p}K_A$ du couple acide éthanoïque / ion éthanoate. Justifier.

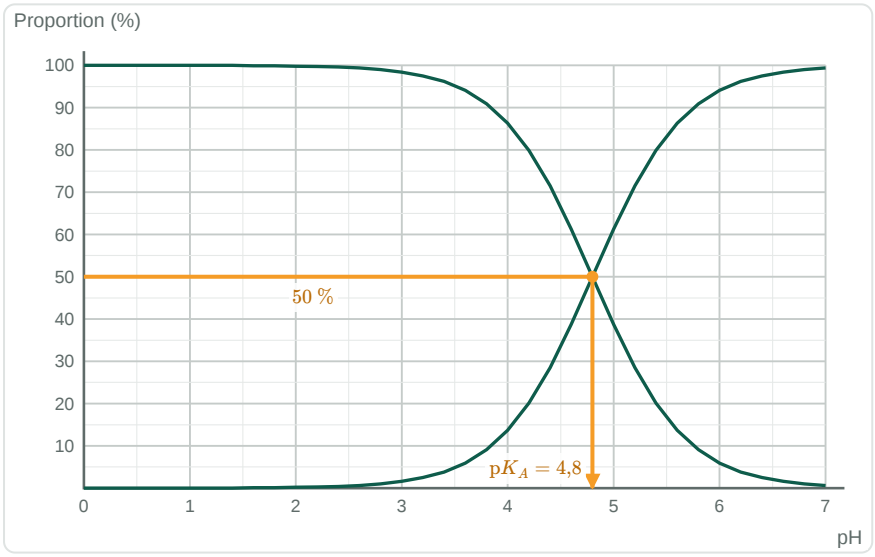
On a $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_A + \log \dfrac{[\mathrm{A^-}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{AH}]_{\text{éq}}}$.

Au point d'intersection des deux courbes, les deux espèces sont en proportions égales (50 % chacune) : $[\mathrm{A^-}]_{\text{éq}} = [\mathrm{AH}]_{\text{éq}}$, donc $\log 1 = 0$ et $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_A$.

Sur la figure 2, les courbes se croisent à l'abscisse $\mathrm{pH} = 4{,}8$.

$$\mathrm{p}K_A = 4{,}8$$

MÉTHODE
Sur un diagramme de distribution, le $\mathrm{p}K_A$ se lit toujours à l'abscisse du croisement des deux courbes, à l'ordonnée 50 %. Il faut le justifier par l'égalité des concentrations.



Q5 · Figure 2 du sujet : les deux courbes se croisent à 50 %, pour pH = 4,8

Q6 Attribuer chaque courbe du diagramme de la figure 2 à l'espèce, $\mathrm{AH(aq)}$ ou $\mathrm{A^-(aq)}$, qui lui correspond. Justifier.

Données utiles $\mathrm{p}K_A = 4{,}8$ (Q5)

Pour $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_A$, $\log \dfrac{[\mathrm{A^-}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{AH}]_{\text{éq}}} < 0$, donc $[\mathrm{AH}]_{\text{éq}} > [\mathrm{A^-}]_{\text{éq}}$: l'acide prédomine en milieu acide. Pour $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_A$, c'est la base $\mathrm{A^-}$ qui prédomine.

La courbe 2 (tirets) est proche de 100 % aux faibles pH et décroît ; la courbe 1 (trait plein) croît et approche 100 % aux pH élevés.

Courbe 2 : acide éthanoïque $\mathrm{AH(aq)}$; courbe 1 : ion éthanoate $\mathrm{A^-(aq)}$.

PIÈGE
Attribuer sans justifier ne rapporte pas tous les points : il faut citer le domaine de prédominance, l'acide pour $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_A$, la base pour $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_A$.

Q7 Écrire l'équation de la réaction, supposée totale, modélisant la transformation entre l'acide éthanoïque $\mathrm{AH(aq)}$ et les ions hydrogénocarbonate.

Données utiles couples $\mathrm{AH(aq)/A^-(aq)}$ et $\mathrm{CO_2(aq)/HCO_3^-(aq)}$

L'acide AH cède un ion $\mathrm{H^+}$: $\mathrm{AH = A^- + H^+}$.

La base $\mathrm{HCO_3^-}$ le capte : $\mathrm{HCO_3^- + H^+ = CO_2 + H_2O}$.

La réaction est totale : flèche simple.

$$\mathrm{AH\,(aq) + HCO_3^-\,(aq) \longrightarrow A^-\,(aq) + CO_2\,(aq) + H_2O\,(l)}$$

COMPRENDRE
L'acide du couple est écrit $\mathrm{CO_2\,(aq)}$: la demi-équation n'est équilibrée en éléments qu'avec une molécule d'eau du côté de $\mathrm{CO_2}$. Les ions $\mathrm{Na^+}$, spectateurs, n'apparaissent pas.

Q8 Expliquer la formation de mousse lors de la réaction entre l'acide éthanoïque et le bicarbonate de soude.

La réaction (Q7) produit du dioxyde de carbone. Cette espèce est peu soluble dans l'eau : la solution est vite saturée et le dioxyde de carbone se dégage sous forme de gaz, $\mathrm{CO_2\,(g)}$.

Les bulles de $\mathrm{CO_2}$ gazeux formées au sein du liquide y restent en partie emprisonnées : c'est la mousse.

Q9 À l'aide de l'équation d'état du gaz parfait, déterminer le volume V_g de gaz libéré par la réaction entre 100 mL de vinaigre à 8,0 % et 0,20 mol d'ions hydrogénocarbonate.

Données utiles $n = 1{,}35$ mol dans 1,0 L (Q2) ; $V_{\text{vinaigre}} = 100$ mL ; $n' = 0{,}20$ mol ; $P = 1020$ hPa $= 1{,}020 \times 10^5$ Pa ; $\theta = 25$ °C ; $R = 8{,}314\ \mathrm{Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}}$

Quantité d'acide introduite. 100 mL est le dixième de 1,0 L : $n_{\mathrm{AH}} = \dfrac{1{,}35}{10} = 0{,}135$ mol.

Réactif limitant. D'après l'équation (Q7), une mole de AH réagit avec une mole de $\mathrm{HCO_3^-}$. Comme $n_{\mathrm{AH}} = 0{,}135\ \mathrm{mol} < n' = 0{,}20\ \mathrm{mol}$, l'acide éthanoïque est le réactif limitant.

Quantité de gaz. La réaction est totale et une mole de AH donne une mole de $\mathrm{CO_2}$: $n_{\mathrm{CO_2}} = n_{\mathrm{AH}} = 0{,}135$ mol. On admet que tout le dioxyde de carbone formé se dégage.

Volume. $T = 25 + 273{,}15 = 298{,}15$ K et $P\,V_g = n_{\mathrm{CO_2}}\,R\,T$, donc $V_g = \dfrac{n_{\mathrm{CO_2}}\,R\,T}{P}$

$$V_g = \frac{0{,}135 \times 8{,}314 \times 298{,}15}{1{,}020 \times 10^5} = 3{,}3 \times 10^{-3}\ \mathrm{m^3}$$

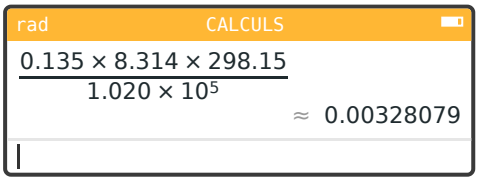
$$V_g = 3{,}3 \times 10^{-3}\ \mathrm{m^3} = 3{,}3\ \mathrm{L}$$

PIÈGE
Calculer avec $n' = 0{,}20$ mol sans chercher le réactif limitant donne 4,9 L, résultat faux. Autre erreur fréquente : laisser la pression en hPa ou la température en degrés Celsius.

COMPRENDRE
Avec la valeur arrondie $n = 1{,}3$ mol de l'énoncé, on obtient 3,2 L : les deux résultats sont recevables si la démarche est cohérente.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer les étapes (quantités initiales, réactif limitant, quantité de gaz, équation d'état). Avec P en Pa et T en K, le volume sort en $\mathrm{m^3}$; $1\ \mathrm{m^3} = 1000$ L.

À LA CALCULATRICE



étude d'un soin capillaire

Bac 2025 Polynésie Jour 2 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Indiquer le nom du formaldéhyde en nomenclature systématique.

La molécule de formaldéhyde $HCHO$ comporte un seul atome de carbone : préfixe « méth- ». C'est un aldéhyde : suffixe « -al ».

Le formaldéhyde est le **méthanal**.

PIÈGE
Écrire « méthanol » : le suffixe « -ol » désigne un alcool. Ici le carbone porte une double liaison $C{=}O$ et un atome d'hydrogène, c'est un aldéhyde.

Q2 Recopier la formule semi-développée de l'acide glycolique, entourer et nommer les groupes caractéristiques, préciser les familles fonctionnelles associées.

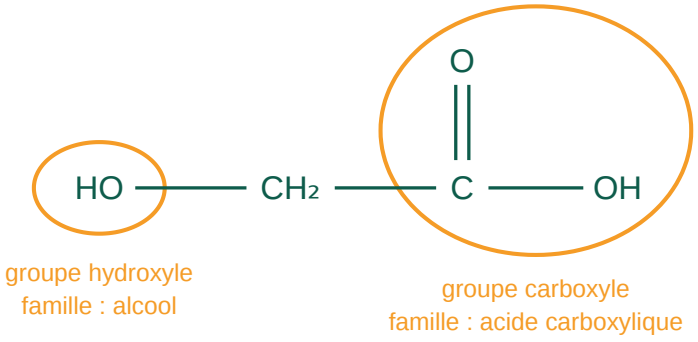
Formule semi-développée : $HO{-}CH_2{-}COOH$ (voir la figure, groupes entourés).

- groupe **hydroxyle** $-OH$, porté par le carbone CH_2 : famille des **alcools** ;
- groupe **carboxyle** $-COOH$: famille des **acides carboxyliques**.

Deux groupes caractéristiques : hydroxyle (alcool) et carboxyle (acide carboxylique).

PIÈGE
Entourer séparément le $C{=}O$ et le OH du carboxyle, et annoncer une cétone et un second alcool. Le carbone, ses deux oxygènes et l'hydrogène forment un seul groupe.

COMPRENDRE
Dans une formule semi-développée, les liaisons avec les atomes d'hydrogène ne sont pas représentées : on écrit CH_2 et OH, mais toutes les autres liaisons restent visibles.



Q2 · Formule semi-développée de l'acide glycolique, groupes caractéristiques entourés

Q3 Identifier, parmi les spectres A et B, celui qui correspond à l'acide glycolique. Justifier.

Données utiles O–H alcool lié : 3200 – 3400 cm⁻¹ (forte, large) ; O–H acide carboxylique : 2500 – 3200 cm⁻¹ (large) ; C=O acide carboxylique : 1680 – 1710 cm⁻¹ (forte)

L'acide glycolique possède des liaisons $O{-}H$ (alcool et acide carboxylique) et une liaison $C{=}O$.

Les deux spectres présentent une bande forte vers $1700\ \text{cm}^{-1}$, attribuable à une liaison $C{=}O$: elle ne permet pas de les départager.

Seul le spectre B présente une bande forte et large entre 2500 et $3400\ \text{cm}^{-1}$ environ, caractéristique des liaisons $O{-}H$ d'un alcool lié et d'un acide carboxylique. Le spectre A ne montre dans cette zone que de petites bandes fines vers $3000\ \text{cm}^{-1}$: l'espèce A ne possède pas de liaison $O{-}H$.

Le spectre de l'acide glycolique est le **spectre B**.

PIÈGE
Justifier uniquement par la bande $C{=}O$ vers $1700\ \text{cm}^{-1}$: elle figure sur les deux spectres. Citer le nombre d'onde et l'allure (large) de la bande utilisée.

MÉTHODE
Lister d'abord les liaisons de la molécule, puis chercher dans chaque spectre la bande qui discrimine : ici la bande large $O{-}H$, puisque la bande $C{=}O$ est commune aux deux spectres.

Q4 Rédiger le protocole permettant de préparer $V = 50{,}0$ mL de solution de sérum capillaire dilué 10 fois.

Données utiles $V = 50{,}0$ mL ; facteur de dilution $F = 10$

Volume de sérum à prélever : $V_0 = \dfrac{V}{F} = \dfrac{50{,}0}{10} = 5{,}0\ \text{mL}$.

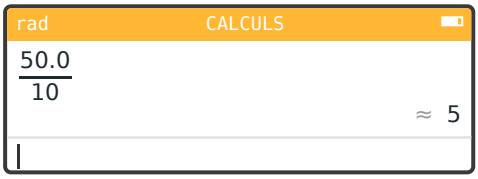
- Verser un peu de sérum dans un bécher ; en prélever $5{,}0$ mL avec une pipette jaugée de $5{,}0$ mL munie d'une propipette (pipette rincée au préalable avec le sérum).
- Introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de $50{,}0$ mL.
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'aux trois quarts, boucher et agiter.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (bas du ménisque sur le trait), boucher et agiter pour homogénéiser.

On prélève $V_0 = 5{,}0$ mL de sérum (pipette jaugée) que l'on dilue dans une fiole jaugée de $50{,}0$ mL.

PIÈGE
Utiliser une éprouvette graduée ou un bécher : seule la verrerie jaugée (pipette et fiole) donne la précision attendue. Ne jamais pipeter directement dans le flacon du sérum.

COMPRENDRE
Diluer 10 fois, c'est diviser la concentration par 10 : la quantité de matière prélevée se conserve, donc $C\,V_0 = \dfrac{C}{10}\,V$.

À LA CALCULATRICE



Q5 Indiquer, en justifiant, l'indicateur coloré que l'on peut utiliser lors de ce titrage.

Données utiles pH à l'équivalence voisin de 8,5 ; zone de virage de la phénolphtaléine : 8,2 – 10,0

Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence.

Ici $\text{pH}_E \approx 8{,}5$: seule la zone de virage de la phénolphtaléine ($8{,}2$ – $10{,}0$) contient cette valeur.

On utilise la **phénolphtaléine** : la solution passe de l'incolore au rose-violet à l'équivalence.

PIÈGE
Choisir le BBT par habitude : sa zone de virage ($6{,}0$ – $7{,}6$) ne contient pas $8{,}5$, le changement de teinte aurait lieu avant l'équivalence.

Q6 Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

L'acide AH réagit avec la base HO^- de la solution titrante (transfert d'un ion H^+) :

$$\text{AH (aq)} + \text{HO}^- \text{(aq)} \longrightarrow \text{A}^- \text{(aq)} + \text{H}_2\text{O (l)}$$

COMPRENDRE
La réaction support d'un titrage est totale et rapide : on écrit une flèche simple. Les ions Na^+ sont spectateurs, ils n'apparaissent pas dans l'équation.

Q7 Définir l'équivalence d'un titrage.

À l'équivalence, les réactifs titré et titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage : ils sont tous deux entièrement consommés.

COMPRENDRE
L'équivalence correspond aussi au changement de réactif limitant : avant, le réactif titrant est limitant ; après, c'est le réactif titré.

Q8 En déduire l'expression puis la valeur de la concentration C_1 en acide glycolique du sérum dilué, puis la concentration C du sérum commercial.

Données utiles $V_1 = 20{,}0$ mL ; $C_2 = 2{,}0 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 9{,}4$ mL ; sérum dilué 10 fois

À l'équivalence, d'après l'équation du titrage (coefficients 1 et 1) : $n(\text{AH})_{\text{titré}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}$, soit $C_1\,V_1 = C_2\,V_E$.

$$C_1 = \frac{C_2\,V_E}{V_1} = \frac{2{,}0 \times 10^{-1} \times 9{,}4}{20{,}0} = 9{,}4 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

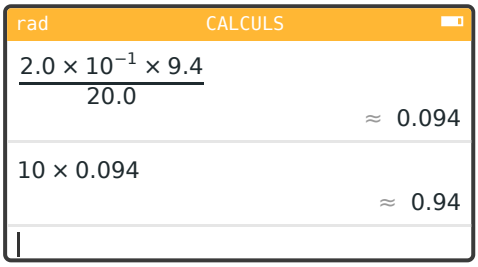
Le sérum commercial est 10 fois plus concentré que la solution diluée : $C = 10\,C_1 = 10 \times 9{,}4 \times 10^{-2}$.

$C_1 = 9{,}4 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $C = 0{,}94\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Oublier le facteur 10 de la dilution, ou diviser au lieu de multiplier : le sérum commercial est plus concentré que la solution titrée.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C_2 et V_E, les données les moins précises. Les deux volumes sont en mL : leur rapport est sans unité, la conversion en litres est inutile.

À LA CALCULATRICE



Q9 Indiquer si le pourcentage en masse (titre massique) indiqué par le fabricant est correct.

Données utiles titre massique annoncé $w = 7{,}0\ \%$; $M = 76{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\rho = 1{,}0\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $u(C) = 0{,}05\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C = 0{,}94\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q8)

Concentration de référence, déduite de l'étiquette. Un litre de sérum a une masse $\rho V = 1{,}0 \times 10^3$ g et contient une masse $w\,\rho V$ d'acide glycolique, donc :

$$C_{\text{réf}} = \frac{w\,\rho}{M} = \frac{0{,}070 \times 1{,}0 \times 10^3}{76{,}0} = 0{,}92\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Comparaison avec la valeur mesurée :

$$\frac{|C - C_{\text{réf}}|}{u(C)} = \frac{|0{,}94 - 0{,}92|}{0{,}05} = 0{,}4$$

Ce quotient est inférieur à 2 : la mesure est compatible avec la valeur de référence.

Vérification : le titrage donne un titre massique $w_{\text{exp}} = \dfrac{C\,M}{\rho} = \dfrac{0{,}94 \times 76{,}0}{1{,}0 \times 10^3} = 0{,}071$, soit $7{,}1\ \%$.

Quotient $\approx 0{,}4 < 2$: l'indication « $7{,}0\ \%$ en masse » du fabricant est correcte (le titrage donne $7{,}1\ \%$).

PIÈGE

Laisser ρ en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$: pour obtenir des $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, il faut $\rho = 1{,}0 \times 10^3\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Conclure sans calculer le quotient ne rapporte pas les points.

MÉTHODE

Pour comparer une mesure à une référence : calculer $\dfrac{|x - x_{\text{réf}}|}{u(x)}$; en dessous de 2, les deux valeurs sont compatibles ; au-dessus, elles ne le sont pas.

À LA CALCULATRICE

