Corrigé complet — Bac 2024 Polynésie Septembre

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

Ex 1	**Une série d'expériences historiques : la réaction d'estérification étudiée par marcellin berthelot** Titrage acido-basique · Facteurs cinétiques · Temps de demi-réaction · Vitesse volumique de disparition · Équilibre chimique · Quotient de réaction	9 pts	1 h 35	17 questions	p. 2
Ex 2	**Une brosse à dents** Diffraction par un fil · Approximation des petits angles · Incertitude-type composée · Comparaison à une valeur de référence · Niveau d'intensité sonore · Atténuation géométrique	6 pts	1 h 03	7 questions	p. 8
Ex 3	**Émilie du châtelet, madame pompon Newton** Principe d'inertie · Deuxième loi de Newton · Chute libre verticale · Vitesse sur une chronophotographie · Équations horaires · Troisième loi de Newton	5 pts	53 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.

Une série d'expériences historiques : la réaction d'estérification étudiée par marcellin berthelot

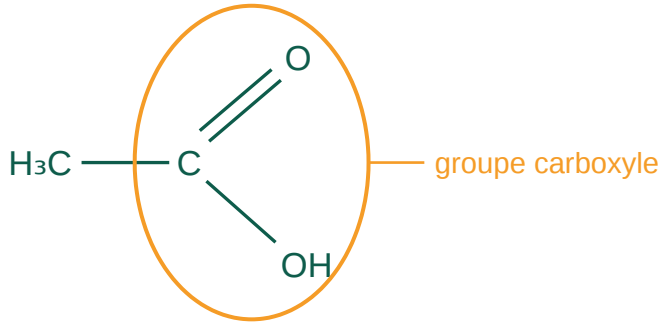
Bac 2024 Polynésie Septembre · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

Q1 Représenter la formule semi-développée de l'acide éthanoïque, entourer et nommer son groupe caractéristique. Nommer la famille fonctionnelle de l'éthanoate d'éthyle.

Formule semi-développée de l'acide éthanoïque : voir le schéma. Le groupe entouré, $-COOH$, est le groupe **carboxyle**.

Famille fonctionnelle de l'éthanoate d'éthyle : les **esters**.

PIÈGE
Ne pas confondre le nom du groupe (carboxyle) et celui de la famille (acide carboxylique). Le groupe carboxyle comprend l'atome de carbone, le $C{=}O$ et le $-OH$: il faut tout entourer.



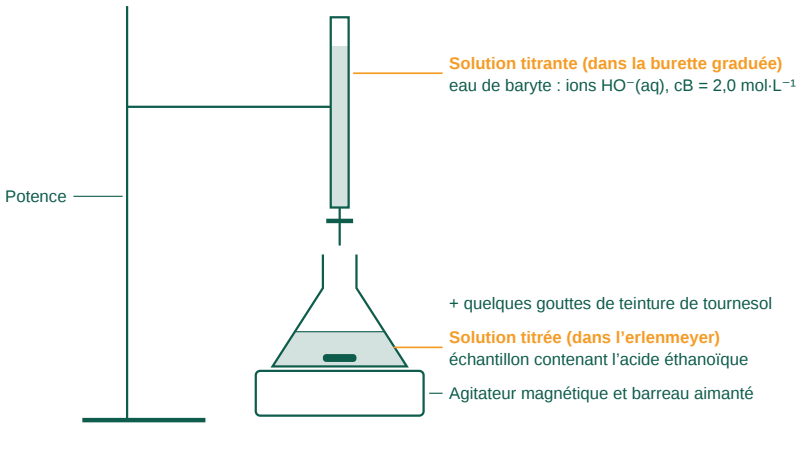
Q1 · Acide éthanoïque : formule semi-développée et groupe caractéristique entouré

Q2 Faire un schéma du dosage par titrage en indiquant les positions de la solution titrante et de la solution titrée.

Voir le schéma.

Solution titrante (eau de baryte) dans la burette graduée ; solution titrée (échantillon et teinture de tournesol) dans l'erlenmeyer.

COMPRENDRE
La solution titrante est celle dont on connaît la concentration : on la verse progressivement. La solution titrée contient l'espèce dont on cherche la quantité de matière.



Q2 · Montage du dosage par titrage colorimétrique

Q3 Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre l'acide éthanoïque et les ions hydroxyde. Citer au moins une caractéristique de toute réaction utilisée pour un titrage.

Données utiles couples $CH_3CO_2H\,(l)$ / $CH_3CO_2^-\,(aq)$ et $H_2O\,(l)$ / $HO^-\,(aq)$

L'acide éthanoïque cède un ion H^+ à la base HO^- :

$$CH_3CO_2H\,(l) + HO^-\,(aq) \longrightarrow CH_3CO_2^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

Une réaction support de titrage doit être **totale**, **rapide** et **unique** (une seule caractéristique suffit).

PIÈGE
Une flèche simple, pas une double flèche : la réaction de titrage est totale. Les ions Ba^{2+}, spectateurs, ne figurent pas dans l'équation.

Q4 Indiquer la teinte de la forme acide de l'indicateur coloré.

Avant l'équivalence, l'erlenmeyer contient l'acide éthanoïque : le milieu est acide et le tournesol est rose. Il vire au bleu quand les ions HO^- sont en excès.

La forme acide de la teinture de tournesol est **rose** (sa forme basique est bleue).

Q5 À l'aide de la relation entre les quantités de matière à l'équivalence, calculer la quantité de matière n_A d'acide éthanoïque dans l'échantillon titré.

Données utiles $c_B = 2{,}0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_{BE} = 5{,}0\ \text{mL}$

À l'équivalence, l'acide et les ions hydroxyde ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de l'équation du titrage (une mole pour une mole), donc :

$$n_A = n(HO^-)_{\text{versé}} = c_B \times V_{BE}$$

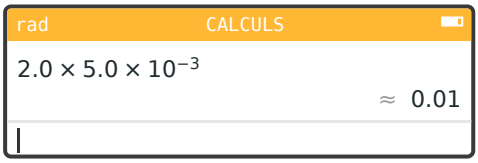
$$n_A = 2{,}0 \times 5{,}0 \times 10^{-3}$$

$$n_A = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

PIÈGE
Le volume V_{BE} est donné en mL : il faut le convertir en litres ($5{,}0 \times 10^{-3}$ L) avant de multiplier par c_B.

COMPRENDRE
Les données ont deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit $1{,}0 \times 10^{-2}$ mol, et non $0{,}01$ mol.

À LA CALCULATRICE



Q6 Montrer que le mélange contenait initialement une quantité de matière d'acide n_i égale à 1,1 mol.

Données utiles $n_A = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol (Q5) ; $V_{\text{éch}} = \dfrac{V_i}{100}$; 10 % de l'acide initial a réagi

L'échantillon représente un centième du mélange : le mélange entier contient cent fois plus d'acide restant.

$$n_{\text{restant}} = 100 \times n_A = 100 \times 1{,}0 \times 10^{-2} = 1{,}0\ \text{mol}$$

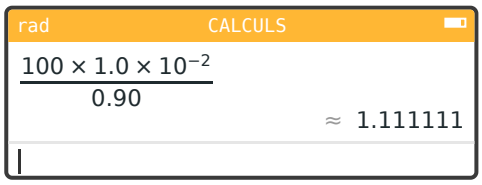
Comme 10 % de l'acide initial a réagi, il en reste 90 % : $n_{\text{restant}} = 0{,}90 \times n_i$, donc

$$n_i = \frac{n_{\text{restant}}}{0{,}90} = \frac{1{,}0}{0{,}90}$$

$n_i = 1{,}1$ mol : c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Le titrage dose l'acide qui RESTE, pas celui qui a réagi. Écrire $n_{\text{restant}} = 0{,}10 \times n_i$ conduirait à 10 mol.

À LA CALCULATRICE



Q7 Expliquer pourquoi les mesures de Berthelot montrent que la température est un facteur cinétique, avec au moins une comparaison quantitative entre les figures 1 et 2.

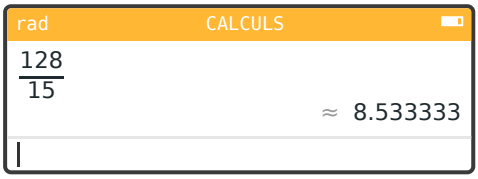
Pour que 47 % de l'acide initial ait réagi, il faut 128 jours à $T_1 = 20\ ^\circ\text{C}$, mais seulement 15 jours à $T_2 = 100\ ^\circ\text{C}$, soit environ 8,5 fois moins de temps.

Autre lecture : au bout de 15 jours, 10 % de l'acide a réagi à 20 °C contre 47 % à 100 °C.

La transformation est plus rapide quand la température est plus élevée : la température est un **facteur cinétique**.

MÉTHODE
Pour comparer deux vitesses à partir de tableaux, fixer une grandeur commune : même proportion transformée (comparer les durées) ou même date (comparer les proportions).

À LA CALCULATRICE



Q8 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Pour l'expérience à T_2, donner l'encadrement le plus précis possible de $t_{1/2}$, l'état final étant atteint après 150 jours.

Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que l'avancement atteigne la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

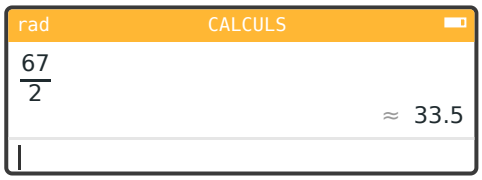
À l'état final (150 jours), 67 % de l'acide a réagi. À $t_{1/2}$, la proportion vaut donc $\dfrac{67}{2} = 33{,}5\ \%$.

Dans la figure 2, 26 % est atteint à 4 jours et 37 % à 9 jours ; 33,5 % est compris entre les deux.

$4\ \text{j} < t_{1/2} < 9\ \text{j}$

PIÈGE
La moitié se prend sur l'avancement FINAL (67 %), pas sur 100 % : chercher 50 % donnerait à tort un encadrement entre 15 et 32 jours. Ce n'est pas non plus la moitié de la durée totale.

À LA CALCULATRICE



Q9 Montrer qu'après les quinze premiers jours à température ambiante, la quantité de matière d'acide restant est égale à une mole.

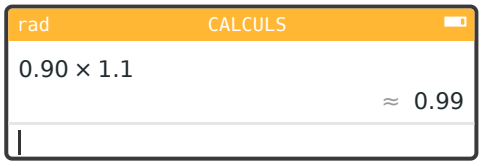
Données utiles $n_i = 1{,}1\ \text{mol}$ (Q6) ; figure 1 : 10 % de l'acide a réagi à 15 jours

D'après la figure 1, 10 % de l'acide initial a réagi au bout de 15 jours : il en reste 90 %.

$n_{\text{restant}} = n_i - 0{,}10 \times n_i = 0{,}90 \times n_i = 0{,}90 \times 1{,}1 = 0{,}99\ \text{mol}$

$n_{\text{restant}} \approx 1{,}0\ \text{mol}$: il reste bien une mole d'acide.

À LA CALCULATRICE



Q10 Calculer la vitesse volumique moyenne v de disparition de l'acide, à température ambiante, sur la durée $\Delta t = 15$ j, en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$.

Données utiles $v = \frac{c_{\text{initiale}} - c_{\text{finale}}}{\Delta t}$; $V_{\text{mélange}} = 130$ mL ; $n_i = 1{,}1$ mol (Q6) ; 10 % de l'acide a réagi en 15 jours

Avec $c = \frac{n}{V_{\text{mélange}}}$:

$$v = \frac{n_i - n_{\text{restant}}}{V_{\text{mélange}} \times \Delta t}$$

La quantité d'acide disparue en 15 jours est $n_i - n_{\text{restant}} = 0{,}10 \times n_i = 0{,}11$ mol.

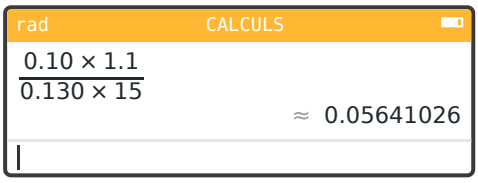
$$v = \frac{0{,}11}{0{,}130 \times 15}$$

$$v = 5{,}6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$$

PIÈGE
Convertir $V_{\text{mélange}}$ en litres (0,130 L). La vitesse de disparition est positive : concentration initiale moins concentration finale.

COMPRENDRE
Soustraire les valeurs arrondies $1{,}1 - 1{,}0 = 0{,}1$ mol donne $5{,}1 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} · j^{-1} : résultat voisin, mais moins précis, car une différence de deux nombres proches amplifie les arrondis.

À LA CALCULATRICE



Q11 Expliquer sans calcul comment évolue ensuite la vitesse de disparition de l'acide à 20 °C. Justifier à l'aide d'un facteur cinétique autre que la température.

Dans la figure 1, la proportion d'acide ayant réagi augmente de plus en plus lentement : 10 % pendant les 15 premiers jours, mais seulement 1 % entre 277 et 368 jours.

La concentration des réactifs est un facteur cinétique : comme l'acide et l'alcool sont consommés, leurs concentrations baissent et la transformation ralentit.

La vitesse de disparition de l'acide **diminue** au cours du temps, car la concentration des réactifs diminue.

Q12 Proposer une modification du protocole qui accélère l'estérification sans changer la température.

Ajouter un **catalyseur** au mélange réactionnel, par exemple quelques gouttes d'acide sulfurique concentré (apport d'ions H^+).

COMPRENDRE
Un catalyseur augmente la vitesse sans figurer dans l'équation de la réaction et sans modifier l'état final : on atteint plus vite les mêmes 67 %.

Q13 Expliquer, avec la notion d'avancement, la différence entre une réaction totale et une réaction menant à un équilibre chimique. Indiquer l'expression de Berthelot qui désigne une réaction totale.

Réaction totale : le réactif limitant est entièrement consommé, l'avancement final atteint sa valeur maximale, $x_f = x_{max}$.

Réaction menant à un équilibre : la transformation s'arrête alors que tous les réactifs sont encore présents, $x_f < x_{max}$.

Berthelot désigne la réaction totale par l'expression « saturation complète de l'acide par l'alcool ».

Q14 Préciser en quoi la figure 2 laissait déjà soupçonner un équilibre chimique. Citer la partie du texte évoquant l'intérêt de mener l'expérience à $T_2 = 100$ °C.

Dans la figure 2, la proportion d'acide ayant réagi est la même à 150 et à 180 jours : 67 %. La composition n'évolue plus alors qu'il reste 33 % de l'acide initial : la transformation n'est pas totale, ce qui suggère un état d'équilibre.

Passage du texte : « ou réalisée à une température suffisamment élevée ». À 100 °C, l'état final est atteint bien plus vite qu'à 20 °C.

COMPRENDRE
À 20 °C, après 368 jours, on n'en est qu'à 55 % et la proportion augmente encore : le palier n'est pas visible. Chauffer ne change pas ici l'état final, seulement la durée pour l'atteindre.

Q15 Justifier que, dans l'état d'équilibre, $[CH_3COOH]_{éq} = [C_2H_5OH]_{éq} = 2{,}8\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $[CH_3COOC_2H_5]_{éq} = [H_2O]_{éq} = 5{,}7\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Données utiles $n_{\text{acide}} = n_{\text{alcool}} = 1{,}1$ mol ; $V_{\text{mélange}} = 130$ mL ; à l'équilibre, 67 % de l'acide initial a réagi

Tableau d'avancement (quantités en mol) :

	CH_3COOH	C_2H_5OH	$CH_3COOC_2H_5$	H_2O
État initial	1,1	1,1	0	0
Équilibre	$1{,}1 - x_{éq}$	$1{,}1 - x_{éq}$	$x_{éq}$	$x_{éq}$

À l'équilibre, 67 % de l'acide a réagi : $x_{éq} = 0{,}67 \times 1{,}1 = 0{,}737$ mol.

On suppose que le volume du mélange reste égal à 0,130 L.

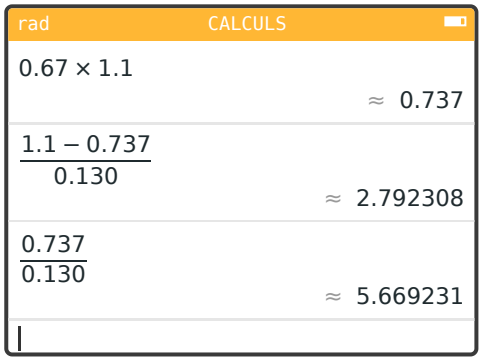
$$[CH_3COOH]_{éq} = [C_2H_5OH]_{éq} = \frac{1{,}1 - x_{éq}}{V_{\text{mélange}}} = \frac{1{,}1 - 0{,}737}{0{,}130} = 2{,}8\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[CH_3COOC_2H_5]_{éq} = [H_2O]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V_{\text{mélange}}} = \frac{0{,}737}{0{,}130} = 5{,}7\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

On retrouve $2{,}8\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'acide et l'alcool, $5{,}7\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'ester et l'eau : ce sont les valeurs attendues.

MÉTHODE
Garder $x_{éq} = 0{,}737$ mol sans l'arrondir dans les calculs intermédiaires ; n'arrondir à deux chiffres significatifs que les concentrations finales.

À LA CALCULATRICE



Q16 Établir l'expression du quotient de réaction Q de l'estérification. Indiquer sa valeur Q_i dans l'état initial, puis calculer $Q_{éq} = K$ à l'équilibre.

Données utiles $c^\circ = 1{,}0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; concentrations à l'équilibre : 2,8 et $5{,}7\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q15)

L'eau n'est pas le solvant : sa concentration apparaît dans le quotient de réaction.

$$Q = \frac{\dfrac{[CH_3COOC_2H_5]}{c^\circ}}{\dfrac{[CH_3COOH]}{c^\circ}} \times \frac{\dfrac{[H_2O]}{c^\circ}}{\dfrac{[C_2H_5OH]}{c^\circ}} = \frac{[CH_3COOC_2H_5] \times [H_2O]}{[CH_3COOH] \times [C_2H_5OH]}$$

État initial : le mélange ne contient ni ester ni eau, le numérateur est nul, donc $Q_i = 0$.

État d'équilibre :

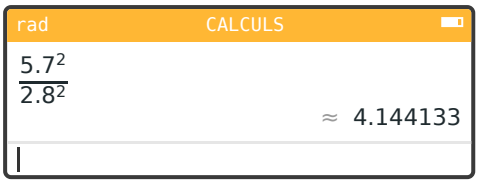
$$Q_{éq} = K = \frac{5{,}7 \times 5{,}7}{2{,}8 \times 2{,}8}$$

$Q_i = 0$ et $Q_{éq} = K = 4{,}1$

PIÈGE
D'habitude l'eau, solvant, n'apparaît pas dans Q. Ici elle est un produit comme un autre dans un mélange sans solvant : l'oublier donnerait un résultat faux.

COMPRENDRE
$Q_i = 0 < K$: le système évolue dans le sens direct, celui de la formation de l'ester, jusqu'à ce que Q atteigne K. La constante K n'a pas d'unité.

À LA CALCULATRICE



Q17 Proposer une méthode permettant de faire réagir l'acide éthanoïque et l'éthanol avec un rendement supérieur à 67 %.

Deux méthodes possibles (une seule est demandée) :

- introduire l'un des deux réactifs en large excès, par exemple l'éthanol ;
- retirer l'un des produits au fur et à mesure qu'il se forme, par exemple l'ester par distillation.

Mettre un réactif en **excès** ou **éliminer un produit** au cours de la transformation.

PIÈGE
Chauffer ou ajouter un catalyseur ne convient pas : ces deux moyens accélèrent la transformation mais laissent le rendement à 67 %.

COMPRENDRE
Dans les deux cas, Q reste inférieur à K : le système continue d'évoluer dans le sens direct et consomme davantage du réactif limitant.

Une brosse à dents

Bac 2024 Polynésie Septembre · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 03**

Q1 Dans l'approximation des petits angles, montrer que $L = k \cdot \dfrac{1}{a}$ et vérifier que $k = 2\,\lambda\,D$.

Données utiles $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$; $\tan\theta \approx \theta$

Sur la figure 1, dans le triangle rectangle formé par l'axe du faisceau et le bord de la tache centrale, le côté opposé à θ mesure $\dfrac{L}{2}$ et le côté adjacent D :

$$\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$$

L'angle étant petit, $\tan\theta \approx \theta$, donc $\theta = \dfrac{L}{2D}$. Par ailleurs $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$.

En égalant : $\dfrac{L}{2D} = \dfrac{\lambda}{a}$, soit $L = \dfrac{2\,\lambda\,D}{a}$.

$L = k \cdot \dfrac{1}{a}$ avec $k = 2\,\lambda\,D$

PIÈGE

Écrire $\tan\theta = \dfrac{L}{D}$. L'angle θ va de l'axe au bord de la tache : il intercepte la demi-largeur $\dfrac{L}{2}$, d'où le facteur 2 dans k.

Q2 Attribuer à chacune des expériences A et B le diamètre du fil utilisé ($a_1 = 150\ \mu\text{m}$ ou $a_2 = 300\ \mu\text{m}$), en justifiant.

Données utiles figure 2 : $L_A = 1{,}32$ cm ; $L_B = 0{,}65$ cm

D'après Q1, à λ et D fixés, L est inversement proportionnelle à a : plus le fil est fin, plus la tache centrale est large.

La tache centrale la plus large est celle de l'expérience A ($1{,}32\ \text{cm} > 0{,}65\ \text{cm}$).

Expérience A : $a_1 = 150\ \mu\text{m}$; expérience B : $a_2 = 300\ \mu\text{m}$.

COMPRENDRE

Les mesures confirment la loi : $\dfrac{L_A}{L_B} \approx 2$ pour un diamètre divisé par 2, puisque le produit $L \times a$ reste égal à k.

Q3 Montrer que le diamètre expérimental a_{brosse} du brin de brosse à dents ultrasouple vaut $1{,}04 \times 10^{-4}$ m.

Données utiles $L = 1{,}89$ cm ; $k = 1{,}96 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$

D'après Q1, $L = \dfrac{k}{a_{\text{brosse}}}$, donc $a_{\text{brosse}} = \dfrac{k}{L}$.

$$a_{\text{brosse}} = \frac{1{,}96 \times 10^{-6}}{1{,}89 \times 10^{-2}} = 1{,}04 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

$a_{\text{brosse}} = 1{,}04 \times 10^{-4}\ \text{m} = 104\ \mu\text{m}$, valeur attendue.

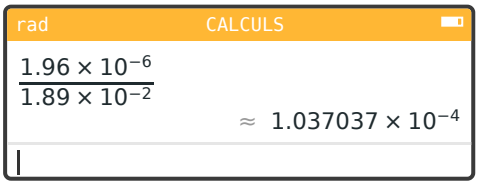
PIÈGE

Laisser L en centimètres : k est en m^2, il faut $L = 1{,}89 \times 10^{-2}$ m pour obtenir un diamètre en mètres.

COMPRENDRE

Trois chiffres significatifs, comme k et L.

À LA CALCULATRICE



Q4 Calculer l'incertitude-type $u(a_{\text{brosse}})$ sur le diamètre du brin à l'aide de la formule fournie.

Données utiles $u(k) = 0{,}03 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$; $u(L) = 1{,}0\ \text{mm}$; $a_{\text{brosse}} = 1{,}04 \times 10^{-4}\ \text{m}$ (Q3)

$$u(a_{\text{brosse}}) = a_{\text{brosse}} \times \sqrt{\left(\frac{u(k)}{k}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

Avec $u(L) = 1{,}0\ \text{mm} = 0{,}10\ \text{cm}$:

$$u(a_{\text{brosse}}) = 1{,}04 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}03}{1{,}96}\right)^2 + \left(\frac{0{,}10}{1{,}89}\right)^2} = 5{,}7 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

L'incertitude-type s'écrit avec un seul chiffre significatif, arrondi par excès.

$u(a_{\text{brosse}}) = 6 \times 10^{-6}\ \text{m} = 6\ \mu\text{m}$

PIÈGE
Dans chaque quotient, les deux grandeurs doivent avoir la même unité : $u(L)$ en mm et L en cm donnent un rapport dix fois trop grand.

COMPRENDRE
Le terme en L (5,3 %) domine celui en k (1,5 %) : c'est la mesure de la tache à la règle qui limite la précision.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.04 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0.03}{1.96}\right)^2 + \left(\frac{0.10}{1.89}\right)^2}$

$\approx 5.728268 \times 10^{-6}$

Q5 Vérifier que le diamètre obtenu expérimentalement est en accord avec la valeur de référence de $100\ \mu\text{m}$.

Données utiles $a_{\text{brosse}} = 104\ \mu\text{m}$ (Q3) ; $u(a_{\text{brosse}}) = 6\ \mu\text{m}$ (Q4) ; critère : quotient $\leqslant 2$

$$\frac{|a_{\text{brosse}} - a_{\text{réf}}|}{u(a_{\text{brosse}})} = \frac{104 - 100}{6} = 0{,}7$$

$0{,}7 \leqslant 2$: le diamètre mesuré est en accord avec la valeur de référence de $100\ \mu\text{m}$.

COMPRENDRE
L'écart de $4\ \mu\text{m}$ est inférieur à une incertitude-type : il s'explique par la seule dispersion des mesures. Ce quotient est souvent appelé z-score.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{104 - 100}{6}$

≈ 0.6666667

Q6 Calculer l'intensité sonore I_1 correspondant au niveau d'intensité sonore $L_1 = 65$ dB relevé à 10 cm de la brosse à dents électrique.

Données utiles $L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

$L_1 = 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$ donc $\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = \frac{L_1}{10}$, soit $I_1 = I_0 \times 10^{L_1/10}$.

$$I_1 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{65/10} = 3{,}2 \times 10^{-6}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$I_1 = 3{,}2 \times 10^{-6}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

MÉTHODE
Pour isoler I : diviser par 10, puis appliquer la fonction 10^x, réciproque du logarithme décimal. À retenir : $I = I_0 \times 10^{L/10}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.0 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{65}{10}}$

$\approx 3.162278 \times 10^{-6}$

Q7 Calculer la distance à laquelle une personne doit se placer pour ne pas être incommodée (atténuation géométrique de 25 dB), puis dire si elle peut rester dans la salle de douche.

Données utiles $L_1 = 65$ dB ; $P = 4{,}0 \times 10^{-7}$ W ; $I = \dfrac{P}{S}$ avec $S = 4\pi\, d^2$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W · m^{-2} ; plan de la figure 3

Niveau à atteindre. Une atténuation de 25 dB ramène le niveau à $L_2 = 65 - 25 = 40$ dB.

Intensité correspondante. $I_2 = I_0 \times 10^{L_2/10} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{4{,}0} = 1{,}0 \times 10^{-8}$ W · m^{-2}

Distance. $I_2 = \dfrac{P}{4\pi\, d_2^2}$ donc $d_2 = \sqrt{\dfrac{P}{4\pi\, I_2}}$

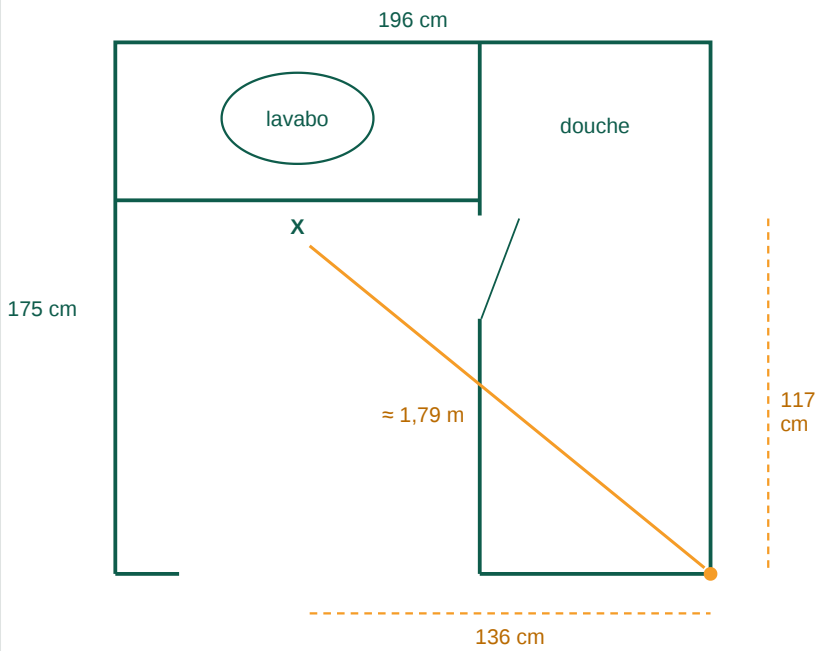
$$d_2 = \sqrt{\frac{4{,}0 \times 10^{-7}}{4\pi \times 1{,}0 \times 10^{-8}}} = 1{,}8 \text{ m}$$

Lecture du plan. Le point le plus éloigné de la croix est le coin de la douche opposé au lavabo. Mesuré sur le plan à l'échelle (croix à environ 60 cm du mur de gauche et 58 cm du mur du haut), il se trouve à $196 - 60 = 136$ cm horizontalement et $175 - 58 = 117$ cm verticalement :

$$d_{\max} = \sqrt{136^2 + 117^2} \approx 179 \text{ cm} = 1{,}79 \text{ m}$$

À la précision de la lecture, $1{,}79 \text{ m} \approx 1{,}78 \text{ m}$: même au point le plus éloigné, la personne n'est pas au-delà de la distance nécessaire, et partout ailleurs elle est plus près.

$d_2 = 1{,}8$ m : une personne présente dans la salle de douche est incommodée quelle que soit sa place, même au fond de la douche.



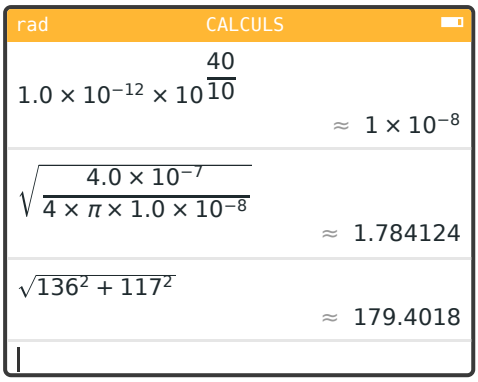
Q7 · Figure 3 du sujet : distance de la croix au coin le plus éloigné de la douche

PIÈGE
Diviser l'intensité I_1 par 25, ou chercher la distance où $L = 25$ dB. Les décibels se retranchent : $65 - 25 = 40$ dB, puis on revient à l'intensité.

COMPRENDRE
La lecture du plan est précise à quelques centimètres ; la conclusion se fait à cette précision.

MÉTHODE
Autre voie, sans la puissance : l'intensité varie en $\dfrac{1}{d^2}$, donc l'atténuation vaut $20 \times \log\left(\dfrac{d_2}{d_1}\right) = 25$ dB, soit $d_2 = 0{,}10 \times 10^{1{,}25} = 1{,}8$ m.

À LA CALCULATRICE



Émilie du châtelet, madame pompon Newton

Bac 2024 Polynésie Septembre · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Énoncer dans un langage actuel la première loi de Newton (principe d'inertie), ou donner les relations mathématiques qui la traduisent.

Dans un référentiel galiléen, si les forces extérieures appliquées à un système se compensent, alors son centre de masse est au repos ou en mouvement rectiligne uniforme, et réciproquement.

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} \iff \vec{v}_G = \overrightarrow{\text{constante}}$$

COMPRENDRE
Le repos est le cas particulier $\vec{v}_G = \vec{0}$. Un vecteur vitesse constant garde la même direction, le même sens et la même valeur : le mouvement est donc rectiligne et uniforme.

Q2 Choisir, parmi les points A, B ou C de la figure 2, celui qui représente le centre de masse G de la plume.

Le centre de masse se trouve là où la matière de la plume est répartie de façon équilibrée de part et d'autre. A et C sont aux deux extrémités ; B est dans la partie centrale.

Le centre de masse G est le point **B**.

Q3 À l'aide de la figure 3, calculer v_7 et v_9, les valeurs des vitesses aux points G_7 et G_9.

Données utiles $\tau = 0{,}085$ s ; échelle de la figure 3 : segment représentant 22 cm

La vitesse en un point est assimilée à la vitesse moyenne entre les deux points qui l'encadrent :

$$v_7 = \frac{G_6G_8}{2\tau} \qquad v_9 = \frac{G_8G_{10}}{2\tau}$$

Mesures à la règle sur le sujet : le segment d'échelle mesure 13 mm pour 22 cm ; $G_6G_8 \approx 18{,}5$ mm et $G_8G_{10} \approx 18{,}3$ mm.

$G_6G_8 = \dfrac{18{,}5 \times 22}{13} = 31{,}3$ cm $= 0{,}313$ m, donc $v_7 = \dfrac{0{,}313}{2 \times 0{,}085} = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

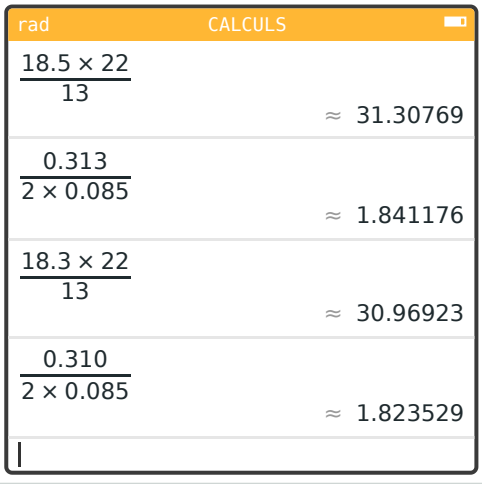
$G_8G_{10} = \dfrac{18{,}3 \times 22}{13} = 31{,}0$ cm $= 0{,}310$ m, donc $v_9 = \dfrac{0{,}310}{2 \times 0{,}085} = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

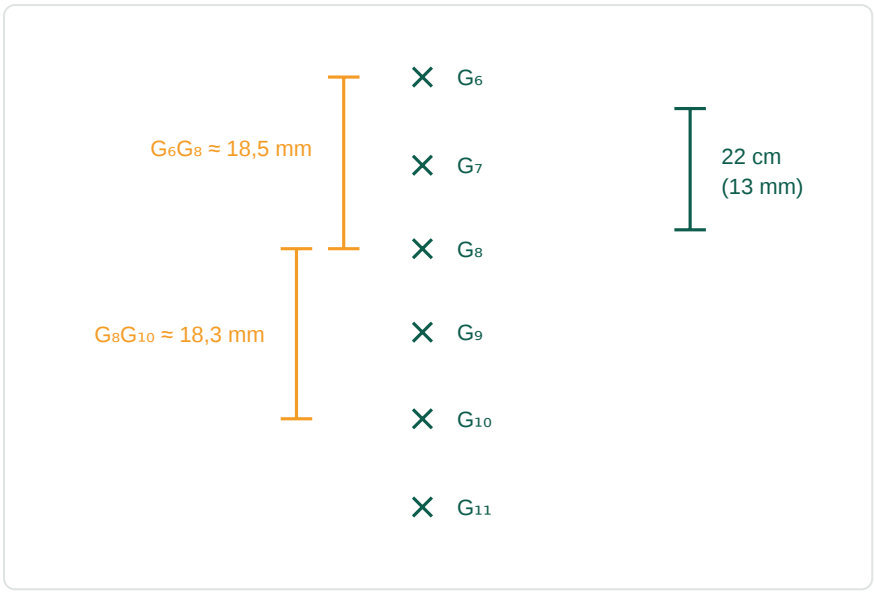
$$v_7 \approx v_9 \approx 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

PIÈGE
Diviser par τ au lieu de 2τ : entre G_6 et G_8 il y a deux intervalles de temps. Penser aussi à convertir les centimètres en mètres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme τ et l'échelle. Les longueurs en millimètres dépendent de la taille d'impression du sujet ; seul leur rapport au segment d'échelle compte, mesuré sur le même document.

À LA CALCULATRICE





Q3 · Figure 3 du sujet (points G6 à G11) avec les distances mesurées

Q4 Dresser la liste des forces appliquées à la plume lors de sa chute dans l'air. Donner, en justifiant, la relation qui les lie entre G_6 et G_{11}, puis calculer la valeur f de la force de frottement.

Données utiles $g = 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$; $m = 0{,}985\ \text{g}$

Système {plume}, référentiel terrestre supposé galiléen. Forces : le poids $\vec{P}$, vertical vers le bas, et la force de frottement de l'air $\vec{f}$, verticale vers le haut (la poussée d'Archimède est négligée).

Entre G_6 et G_{11} le mouvement est rectiligne uniforme : d'après le principe d'inertie, les forces se compensent.

$$\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$$

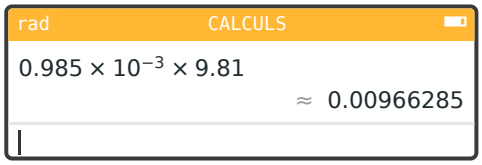
Les deux forces sont opposées, elles ont donc la même valeur : $f = P = m\,g$.

$f = 0{,}985 \times 10^{-3} \times 9{,}81$

$$\boxed{f = 9{,}66 \times 10^{-3}\ \text{N}}$$

PIÈGE
Laisser la masse en grammes : g est en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$, il faut $m = 0{,}985 \times 10^{-3}$ kg. Écrire $\vec{P} = \vec{f}$ est faux : ce sont les valeurs qui sont égales, pas les vecteurs.

À LA CALCULATRICE



Q5 Énoncer dans un langage actuel la deuxième loi de Newton, ou donner la relation mathématique qui la traduit.

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un système de masse m constante est égale au produit de sa masse par l'accélération de son centre de masse.

$$\boxed{\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}_G}$$

COMPRENDRE
Le « changement dans le mouvement » du texte est la variation du vecteur vitesse, donc l'accélération. Elle a la direction et le sens de la somme des forces.

Q6 À l'aide de la deuxième loi de Newton, établir l'expression de l'altitude $y(t)$ d'un système en chute libre et montrer qu'elle est indépendante de sa masse m.

Données utiles origine au sol, axe (Oy) vers le haut ; lâcher sans vitesse initiale depuis la hauteur H

Système {objet} de masse m, référentiel terrestre supposé galiléen.
Dans le vide, la seule force est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$. La masse se simplifie.

En projection sur (Oy), dirigé vers le haut : $a_y = -g$.

Comme $a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}$, par primitive : $v_y = -g\,t + C_1$. À $t = 0$, $v_y(0) = 0$ donc $C_1 = 0$ et $v_y = -g\,t$.

Comme $v_y = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$, par primitive : $y = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + C_2$. À $t = 0$, $y(0) = H$ donc $C_2 = H$.

$y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + H$: la masse m n'y figure pas.

PIÈGE
Écrire $a_y = +g$ alors que l'axe est orienté vers le haut. Oublier la constante H : à $t = 0$ l'objet est en haut, pas à l'origine.

MÉTHODE
Chute libre : 1) bilan des forces et deuxième loi, d'où $\vec{a} = \vec{g}$; 2) projection sur l'axe en soignant le signe ; 3) deux primitives successives, chaque constante étant fixée par une condition initiale.

Q7 Attribuer chaque courbe (A, B et C) de la figure 5 à une coordonnée parmi $a_y(t)$, $v_y(t)$ et $y(t)$.

$a_y = -g$ est une constante négative : droite horizontale sous l'axe des abscisses, courbe A.

$v_y = -g\,t$ est une fonction linéaire décroissante : droite passant par l'origine, courbe B.

$y = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + H$ est un polynôme du second degré, positif et décroissant : arc de parabole, courbe C.

Courbe A : $a_y(t)$; courbe B : $v_y(t)$; courbe C : $y(t)$.

COMPRENDRE
La courbe C s'annule quand l'objet touche le sol ($y = 0$). Sa tangente est horizontale à $t = 0$, ce qui traduit la vitesse initiale nulle.

Q8 En déduire la valeur de la hauteur H depuis laquelle les objets sont lâchés.

Données utiles $v_d = 14\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ à l'altitude $d = 20$ cm ; $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$; $v_y(t)$ et $y(t)$ (Q6)

À la date t_d, l'objet est à l'altitude $y = d$ et descend : $v_y(t_d) = -v_d$.

Avec $v_y = -g\,t$: $-g\,t_d = -v_d$, soit $t_d = \dfrac{v_d}{g}$.

Avec $y(t_d) = d$: $d = -\dfrac{1}{2}\,g\left(\dfrac{v_d}{g}\right)^2 + H$, d'où

$$H = d + \frac{v_d^2}{2\,g}$$

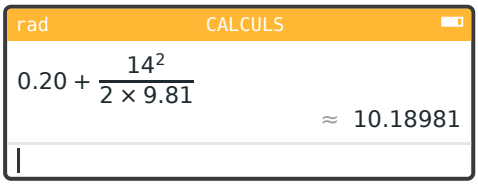
$H = 0{,}20 + \dfrac{14^2}{2 \times 9{,}81} = 10{,}2$ m, soit avec deux chiffres significatifs :

$H \approx 10$ m

PIÈGE
Oublier d'ajouter d, ou le laisser en centimètres : $d = 0{,}20$ m. La vitesse de 14 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ est atteinte à 20 cm du sol, pas au sol.

COMPRENDRE
v_d n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit 10 m. Les 20 cm ne changent alors presque rien à la valeur finale.

À LA CALCULATRICE



Q9 Choisir, parmi les trois extraits de la figure 6, celui qui illustre la troisième loi de Newton, en précisant les raisons du choix.

Troisième loi de Newton (actions réciproques) : si un corps A exerce sur un corps B une force $\overrightarrow{F}_{A/B}$, alors B exerce sur A une force $\overrightarrow{F}_{B/A}$ de même direction, de même valeur et de sens opposé : $\overrightarrow{F}_{A/B} = -\overrightarrow{F}_{B/A}$.
L'extrait n°2 décrit deux corps en interaction : le cheval tire la pierre et il est « également tiré par la pierre », avec un « effort égal » dans les deux sens.

C'est l'extrait n°2 qui illustre la troisième loi de Newton.

COMPRENDRE
L'extrait n°1 relie la gravité à une variation de vitesse (deuxième loi). L'extrait n°3 évoque un mouvement qui persévère en l'absence de force (première loi).