Corrigé complet — Bac 2024 Polynésie Jour 2

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

Ex 1	**Suivi cinétique par conductimétrie de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle** Conductimétrie · Loi de Kohlrausch · Suivi cinétique · Temps de demi-réaction · Vitesse volumique de disparition · Loi de vitesse d'ordre 1	9 pts	1 h 35	17 questions	p. 2
Ex 2	**La masse de la Terre** Force d'interaction gravitationnelle · Repère de Frenet · Deuxième loi de Newton · Troisième loi de Kepler · Pendule simple · Intensité de pesanteur	6 pts	1 h 03	9 questions	p. 8
Ex 3	**étude de la caléfaction** Exploitation d'un graphique · Diffraction par une fente · Condition d'observation de la diffraction · Angle caractéristique de diffraction · Approximation des petits angles · Largeur de la tache centrale	5 pts	53 min	7 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.

Suivi cinétique par conductimétrie de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle

Bac 2024 Polynésie Jour 2 · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

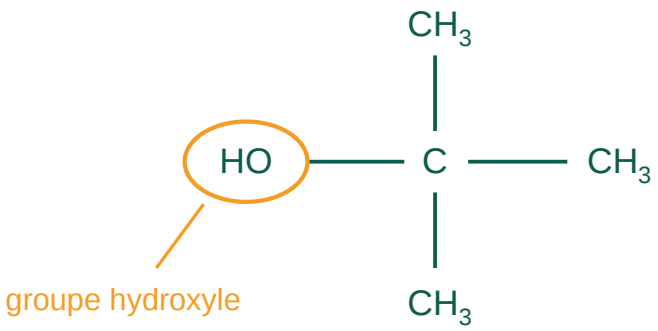
Q1 Représenter la formule semi-développée de l'alcool ROH produit lors de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle. Entourer et nommer le groupe caractéristique présent.

Dans ROH, le groupe R est $(CH_3)_3C-$: l'atome de chlore de la molécule de départ est remplacé par le groupe $-OH$.

Formule semi-développée : voir la figure.

Alcool $(CH_3)_3C-OH$; le groupe entouré $-OH$ est le groupe **hydroxyle**.

PIÈGE
Écrire « groupe alcool » : alcool est le nom de la famille, le groupe caractéristique s'appelle hydroxyle. Dans une formule semi-développée, les liaisons $C-H$ et $O-H$ ne sont pas représentées.



Q1 · Formule semi-développée de l'alcool ROH (2-méthylpropan-2-ol), groupe hydroxyle entouré

Q2 À partir de la loi de Kohlrausch, exprimer la conductivité σ de la solution en fonction de $[H_3O^+]$, $[Cl^-]$ et des conductivités molaires ioniques $\lambda_{H_3O^+}$ et λ_{Cl^-}.

Les seuls ions présents dans la solution sont les ions oxonium H_3O^+ et les ions chlorure Cl^-.

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} \cdot [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} \cdot [Cl^-]$$

COMPRENDRE
Seuls les ions conduisent le courant : RCl, ROH, l'eau et la propanone sont des molécules et n'apparaissent pas dans la somme.

Q3 En déduire une expression de σ en fonction de $[H_3O^+]$ et des conductivités molaires ioniques $\lambda_{H_3O^+}$ et λ_{Cl^-}.

D'après l'équation de la réaction, les ions H_3O^+ et Cl^- sont formés en même quantité (nombres stœchiométriques égaux à 1) et il n'y en a pas à l'état initial. À chaque instant :

$$[Cl^-] = [H_3O^+]$$

$$\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \cdot [H_3O^+]$$

Q4 À partir de l'expression précédente, justifier qu'il est possible de réaliser un suivi cinétique par conductimétrie de l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle.

Les conductivités molaires ioniques sont des constantes (à température fixée) : la conductivité σ est proportionnelle à $[H_3O^+]$.

Les ions H_3O^+ sont un produit de la transformation, qui est lente : leur concentration augmente au cours du temps, donc σ aussi (figure 1).

Mesurer σ à chaque instant donne $[H_3O^+](t) = \dfrac{\sigma(t)}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}}$: on suit ainsi l'évolution temporelle du système.

COMPRENDRE
Le cristallisoir rempli d'eau sert à garder une température constante : les λ_i dépendent de la température, qui est aussi un facteur cinétique.

Q5 Calculer la valeur de la quantité de matière initiale n_0 de chlorure de tertiobutyle introduit.

Données utiles $\rho = 0{,}850\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; $V = 1{,}0$ mL ; $M(\text{C}) = 12{,}0$, $M(\text{H}) = 1{,}00$, $M(\text{Cl}) = 35{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Formule brute de $(CH_3)_3C{-}Cl$: C_4H_9Cl.

$M = 4\times 12{,}0 + 9\times 1{,}00 + 35{,}5 = 92{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse introduite : $m = \rho\cdot V$, donc

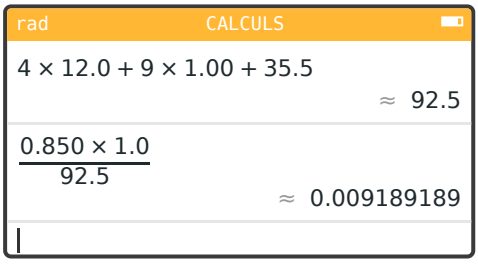
$$n_0 = \frac{\rho\cdot V}{M} = \frac{0{,}850\times 1{,}0}{92{,}5} = 9{,}19\times 10^{-3}\ \text{mol}$$

$n_0 = 9{,}2\times 10^{-3}$ mol

PIÈGE
Le chlorure de tertiobutyle est un liquide pur : on passe par la masse $m = \rho\cdot V$, avec ρ en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ et V en mL.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise ($V = 1{,}0$ mL).

À LA CALCULATRICE



Q6 En déduire la valeur de la concentration en quantité de matière initiale c_0 en chlorure de tertiobutyle dans le mélange réalisé conformément au protocole.

Données utiles $n_0 = 9{,}19\times 10^{-3}$ mol (Q5) ; $V_e = 200$ mL ; $V = 1{,}0$ mL

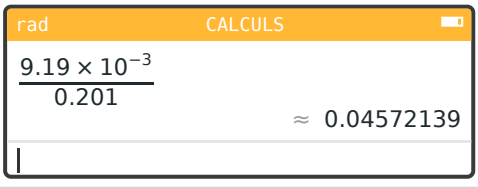
Volume du mélange : $V_{tot} = V_e + V = 200 + 1{,}0 = 201\ \text{mL} = 0{,}201\ \text{L}$.

$$c_0 = \frac{n_0}{V_e + V} = \frac{9{,}19\times 10^{-3}}{0{,}201} = 4{,}57\times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$c_0 = 4{,}6\times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

COMPRENDRE
Cette valeur se retrouve sur la figure 2 : la courbe 1 part d'environ $0{,}046\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Prendre V_e seul (200 mL) donne le même résultat à deux chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE



Q7 Associer, en justifiant, chaque courbe 1 et 2 de la figure 2 à chacune des espèces chimiques RCl et $\mathrm{H_3O^+}$.

RCl est un réactif : sa concentration vaut c_0 à $t = 0$ puis diminue au cours du temps.

$\mathrm{H_3O^+}$ est un produit : sa concentration est nulle à $t = 0$ puis augmente.

Courbe 1 (décroissante) : $[\mathrm{RCl}]$; courbe 2 (croissante à partir de 0) : $[\mathrm{H_3O^+}]$.

Q8 À l'aide d'une des deux courbes de la figure 2, montrer que l'hydrolyse du chlorure de tertiobutyle est totale.

L'eau est en large excès : le réactif limitant est RCl.

Sur la courbe 1, la concentration $[\mathrm{RCl}]$ devient nulle à la fin de l'enregistrement (vers $t = 5{,}6 \times 10^3$ s).

Le réactif limitant est entièrement consommé : la transformation est **totale**.

COMPRENDRE
Avec la courbe 2 : $[\mathrm{H_3O^+}]$ atteint environ $0{,}046\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, c'est-à-dire c_0. L'avancement final est égal à l'avancement maximal.

Q9 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ d'une transformation chimique.

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

PIÈGE
Ce n'est pas la moitié de la durée de la transformation : la définition porte sur l'avancement.

Q10 Estimer graphiquement la valeur de $t_{1/2}$ à l'aide d'une des deux courbes de la figure 2.

Données utiles $c_0 = 0{,}046\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (Q6, figure 2)

La transformation est totale (Q8) : à $t_{1/2}$, la moitié du chlorure de tertiobutyle a été consommée.

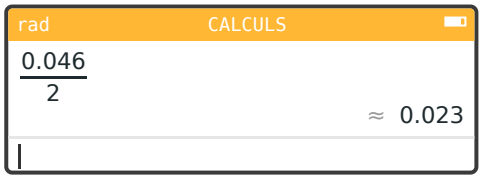
$$[\mathrm{RCl}](t_{1/2}) = \frac{c_0}{2} = \frac{0{,}046}{2} = 0{,}023\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

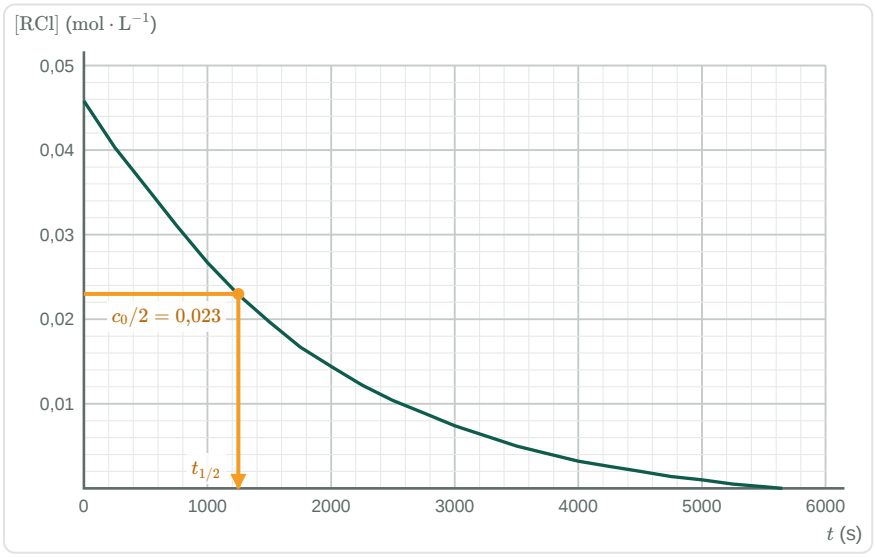
Sur la courbe 1, on lit l'abscisse du point d'ordonnée $0{,}023\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

$t_{1/2} \approx 1{,}25 \times 10^3$ s (environ 21 min)

MÉTHODE
Tracer l'horizontale d'ordonnée $c_0/2$ jusqu'à la courbe, puis descendre verticalement sur l'axe des temps, et laisser ces traits de construction apparents. Avec la courbe 2, même ordonnée : $[\mathrm{H_3O^+}]_f/2$.

À LA CALCULATRICE





Q10 · Courbe 1 de la figure 2, avec la lecture de $t_{1/2}$

Q11 Donner l'expression de la vitesse volumique de disparition v_{RCl} du chlorure de tertiobutyle.

La vitesse volumique de disparition d'un réactif est l'opposé de la dérivée de sa concentration par rapport au temps.

$$v_{\mathrm{RCl}}(t) = -\frac{\mathrm{d}[\mathrm{RCl}]}{\mathrm{d}t}$$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » : $[\mathrm{RCl}]$ diminue, sa dérivée est négative, et une vitesse de disparition est positive.

Q12 Indiquer qualitativement comment évolue la vitesse volumique de disparition v_{RCl} au cours du temps, en justifiant.

$v_{\mathrm{RCl}}(t)$ est l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe 1 à la date t.

Cette tangente est de moins en moins inclinée au cours du temps, puis devient horizontale en fin de transformation.

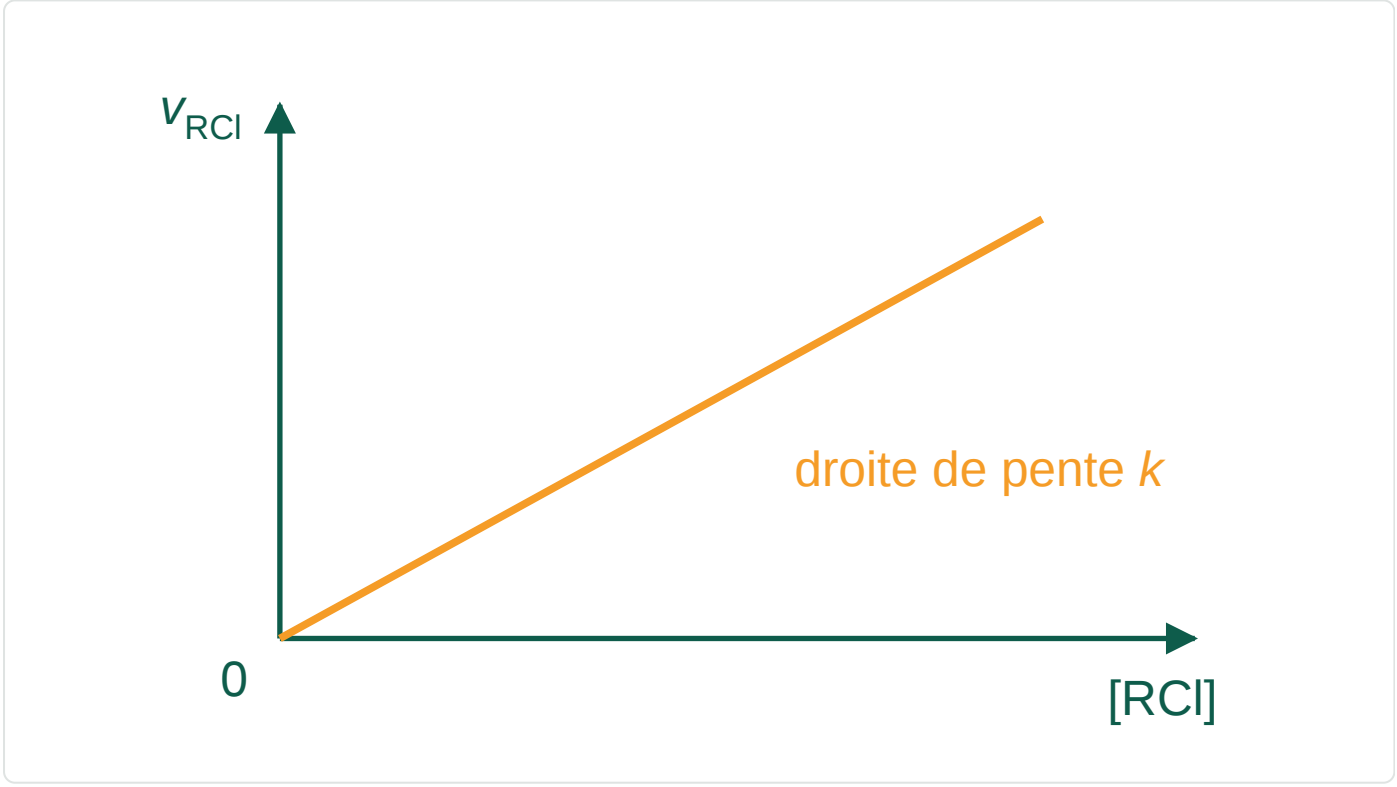
La vitesse volumique de disparition de RCl **diminue** au cours du temps et tend vers zéro.

COMPRENDRE
La concentration d'un réactif est un facteur cinétique : $[\mathrm{RCl}]$ diminue, donc la transformation ralentit.

Q13 Donner l'allure de la courbe représentant v_{RCl} en fonction de la concentration $[\mathrm{RCl}]$, sachant que la réaction suit une loi d'ordre 1.

Pour un ordre 1, $v_{\mathrm{RCl}} = k \cdot [\mathrm{RCl}]$ avec k constante : la vitesse est proportionnelle à la concentration.

La courbe est une **droite passant par l'origine**, de coefficient directeur k (voir la figure).



Q13 · Allure de la vitesse volumique de disparition en fonction de la concentration (ordre 1)

Q14 Établir l'expression de l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par $[\mathrm{RCl}](t)$.

Deux expressions de la même vitesse :

- par définition (Q11) : $v_{\mathrm{RCl}}(t) = -\dfrac{\mathrm{d}[\mathrm{RCl}]}{\mathrm{d}t}$;
- loi d'ordre 1 : $v_{\mathrm{RCl}}(t) = k \cdot [\mathrm{RCl}](t)$.

En les égalant : $-\dfrac{\mathrm{d}[\mathrm{RCl}]}{\mathrm{d}t} = k \cdot [\mathrm{RCl}]$.

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}[\mathrm{RCl}]}{\mathrm{d}t} + k \cdot [\mathrm{RCl}] = 0}$$

MÉTHODE
Pour toute loi d'ordre 1 : égaler la définition de la vitesse et la loi de vitesse. On obtient une équation du type $y' + k\,y = 0$, dont les solutions sont $y = A\,\mathrm{e}^{-kt}$.

Q15 Déterminer la valeur de A dans la solution $[\mathrm{RCl}](t) = A \cdot \mathrm{e}^{-k \cdot t}$ à partir des conditions initiales de la transformation.

Données utiles $c_0 = 4{,}6 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (Q6)

À $t = 0$: $[\mathrm{RCl}](0) = A \cdot \mathrm{e}^{0} = A$.

Or, à l'instant initial, la concentration en chlorure de tertiobutyle est c_0.

$$\boxed{A = c_0 = 4{,}6 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}}$$

PIÈGE
A n'est pas un nombre sans unité : c'est une concentration, en $\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

Q16 Calculer la valeur du coefficient directeur a de la droite de la figure 3.

Données utiles figure 3 : points lus sur la droite, A $(0\ \mathrm{s}\ ;\ -3{,}08)$ et B $(2000\ \mathrm{s}\ ;\ -4{,}25)$

On choisit deux points de la droite éloignés l'un de l'autre, A $(0\ \mathrm{s}\ ;\ -3{,}08)$ et B $(2000\ \mathrm{s}\ ;\ -4{,}25)$.

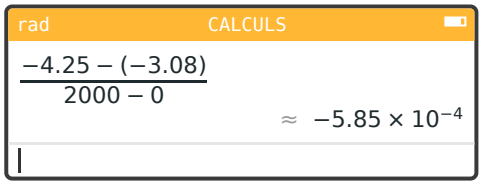
$$a = \frac{y_B - y_A}{t_B - t_A} = \frac{-4{,}25 - (-3{,}08)}{2000 - 0} = -5{,}85 \times 10^{-4}\ \mathrm{s^{-1}}$$

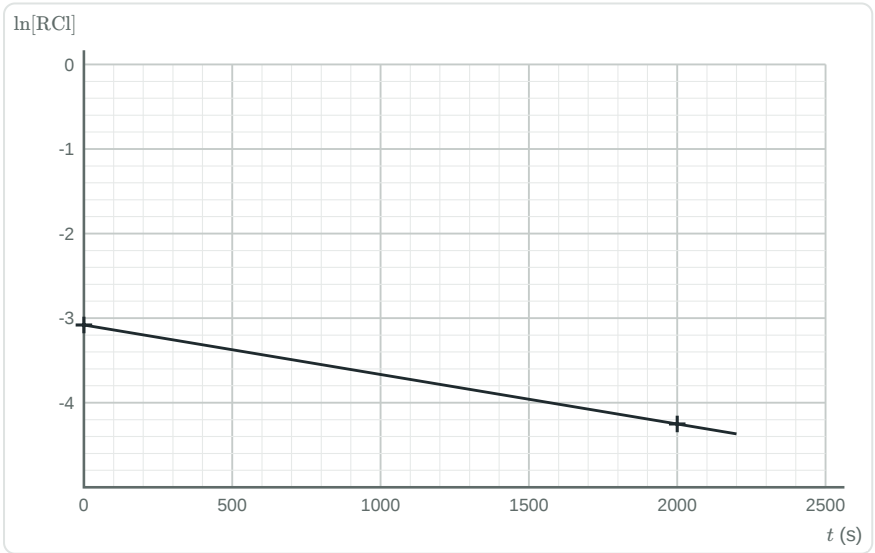
$$\boxed{a \approx -5{,}9 \times 10^{-4}\ \mathrm{s^{-1}}}$$

PIÈGE
Oublier le signe (la droite descend, a est négatif) ou l'unité : $\ln[\mathrm{RCl}]$ est sans unité et t en secondes, donc a est en $\mathrm{s^{-1}}$.

COMPRENDRE
$\ln[\mathrm{RCl}] = \ln A - k\,t$: une droite prouve l'ordre 1. Son ordonnée à l'origine, $-3{,}08$, est bien $\ln(c_0) = \ln(0{,}046)$.

À LA CALCULATRICE





Q16 · Figure 3 du sujet : les deux points A ($t = 0$) et B ($t = 2000$ s) utilisés sont marqués d'une croix

Q17 À l'aide de l'expression $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{k}$, calculer la valeur du temps de demi-réaction et la comparer à la valeur obtenue à la question Q10.

Données utiles $k = -a = 5{,}85 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$ (Q16) ; $t_{1/2} \approx 1{,}25 \times 10^{3}\ \text{s}$ (Q10)

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{\ln 2}{5{,}85 \times 10^{-4}} = 1{,}18 \times 10^{3}\ \text{s}$$

Comparaison avec la lecture graphique de Q10 ($1{,}25 \times 10^{3}$ s) :

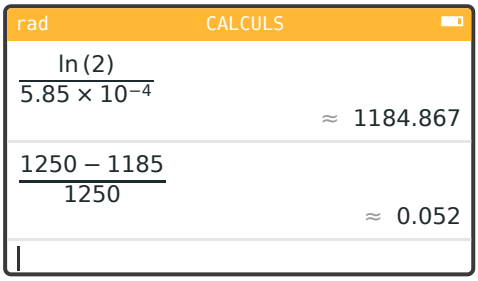
$$\frac{1{,}25 \times 10^{3} - 1{,}18 \times 10^{3}}{1{,}25 \times 10^{3}} \approx 5\ \%$$

$t_{1/2} \approx 1{,}2 \times 10^{3}$ s : les deux valeurs sont en accord, à environ 5 % près (incertitudes de lecture graphique).

COMPRENDRE

Pour un ordre 1, $t_{1/2}$ ne dépend pas de la concentration initiale. L'accord des deux méthodes confirme que l'hydrolyse suit bien une loi d'ordre 1.

À LA CALCULATRICE



La masse de la Terre

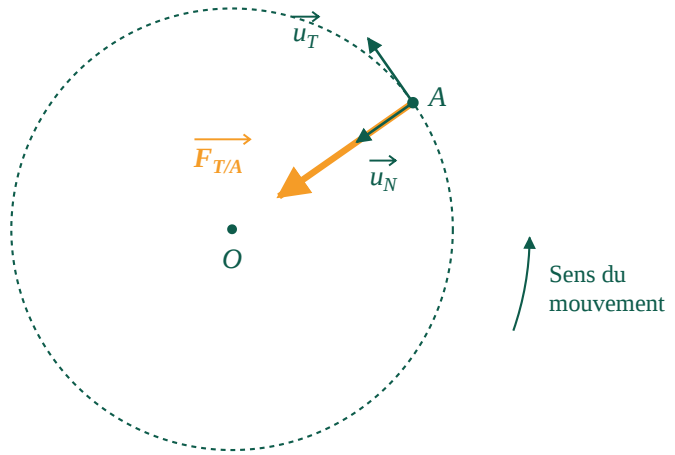
Bac 2024 Polynésie Jour 2 · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 03**

Q1 Reproduire la figure 1 et représenter, sans souci d'échelle, la force d'interaction gravitationnelle $\overrightarrow{F}_{T/A}$ exercée par la Terre sur le satellite.

La force $\overrightarrow{F}_{T/A}$ est attractive : son point d'application est A, sa direction est la droite (AO) et elle est orientée de A vers O.

Flèche partant de A et pointant vers O, dans le même sens que $\vec{u}_N$ (voir la figure).

PIÈGE
Faire partir la flèche du point O, ou la tracer selon $\vec{u}_T$. La force s'applique au satellite et n'a aucune composante tangentielle.



Q1 · Figure 1 complétée : la force (en orange) est portée par la droite (AO) et dirigée vers O

Q2 Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\overrightarrow{F}_{T/A}$ en fonction de $\vec{u}_N$, G, M_T, m et r.

$$\overrightarrow{F}_{T/A} = G\frac{M_T\, m}{r^2}\vec{u}_N$$

COMPRENDRE
Le vecteur $\vec{u}_N$ est dirigé de A vers O, comme la force attractive : aucun signe « $-$ » n'apparaît dans cette base.

Q3 En appliquant la deuxième loi de Newton au centre de masse A du satellite, établir que sa vitesse a pour expression $v = \sqrt{\dfrac{G\,M_T}{r}}$.

Système {satellite}, de masse m constante ; référentiel géocentrique considéré comme galiléen ; seule force : $\overrightarrow{F}_{T/A}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \overrightarrow{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $G\dfrac{M_T\, m}{r^2}\vec{u}_N = m\,\vec{a}$, d'où

$$\vec{a} = \frac{G\,M_T}{r^2}\vec{u}_N$$

Pour un mouvement circulaire uniforme de rayon r, l'accélération dans le repère de Frenet s'écrit $\vec{a} = \dfrac{v^2}{r}\vec{u}_N$.

Par identification selon $\vec{u}_N$: $\dfrac{v^2}{r} = \dfrac{G\,M_T}{r^2}$, donc $v^2 = \dfrac{G\,M_T}{r}$.

$$v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{r}}$$

COMPRENDRE
La masse m du satellite se simplifie : la vitesse sur une orbite donnée ne dépend que de M_T et de r.

MÉTHODE
Toujours la même trame : système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi de Newton, puis identification avec l'accélération du repère de Frenet.

Q4 À l'aide de l'expression de v et de la définition de la période de révolution T, vérifier que la troisième loi de Kepler s'écrit $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_T}$.

La période T est la durée d'un tour. À vitesse constante v, le satellite parcourt le périmètre $2\pi r$ de l'orbite : $T = \frac{2\pi r}{v}$.

En élevant au carré, avec $v^2 = \frac{G\,M_T}{r}$ (Q3) :

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{v^2} = 4\pi^2 r^2 \times \frac{r}{G\,M_T} = \frac{4\pi^2 r^3}{G\,M_T}$$

$$\boxed{\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_T}}$$

COMPRENDRE
Le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ ne dépend que de l'astre attracteur : il est le même pour tous les satellites de la Terre. Mesurer T et r donne donc accès à M_T.

Q5 En s'aidant de la figure 2, calculer la valeur du demi-grand axe d de l'ellipse parcourue par le satellite Astérix.

Données utiles $D_{OB} = 6{,}89 \times 10^6$ m ; $D_{OC} = 8{,}07 \times 10^6$ m ; $BC = 2d$

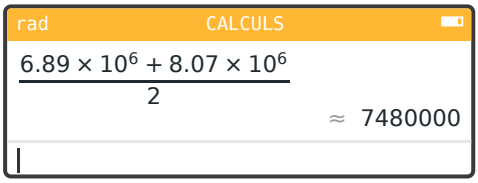
Les points B, O et C sont alignés, O entre B et C : $BC = D_{OB} + D_{OC} = 2d$, donc $d = \frac{D_{OB} + D_{OC}}{2}$.

$$d = \frac{6{,}89 \times 10^6 + 8{,}07 \times 10^6}{2}$$

$$\boxed{d = 7{,}48 \times 10^6 \text{ m}}$$

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les deux distances de l'énoncé. Le centre O de la Terre est un foyer de l'ellipse, pas son milieu : $D_{OB} \neq D_{OC}$.

À LA CALCULATRICE



Q6 En exploitant l'expression de la période T de révolution d'un satellite en orbite elliptique, calculer la masse M_T de la Terre.

Données utiles $N = 1400$ révolutions en $\Delta t = 9{,}03 \times 10^6$ s ; $d = 7{,}48 \times 10^6$ m (Q5) ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m$^3 \cdot$ kg$^{-1} \cdot$ s^{-2}

Période de révolution : $T = \frac{\Delta t}{N} = \frac{9{,}03 \times 10^6}{1400} = 6{,}45 \times 10^3$ s.

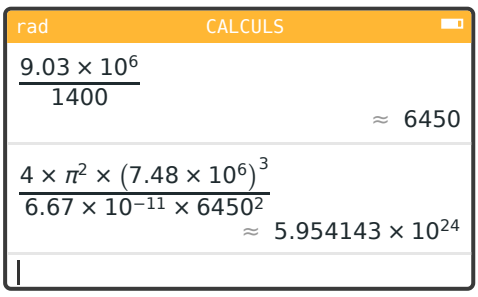
La relation $\frac{T^2}{d^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_T}$ donne $M_T = \frac{4\pi^2 d^3}{G\,T^2}$.

$$M_T = \frac{4\pi^2 \times (7{,}48 \times 10^6)^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times (6{,}45 \times 10^3)^2}$$

$$\boxed{M_T = 5{,}95 \times 10^{24} \text{ kg}}$$

PIÈGE
Utiliser Δt à la place de T : la durée donnée correspond à 1400 tours. Penser aussi au cube sur d et au carré sur T.

À LA CALCULATRICE



Q7 Exploiter la figure 3 pour déterminer, le plus précisément possible, la valeur de la période T des oscillations du pendule.

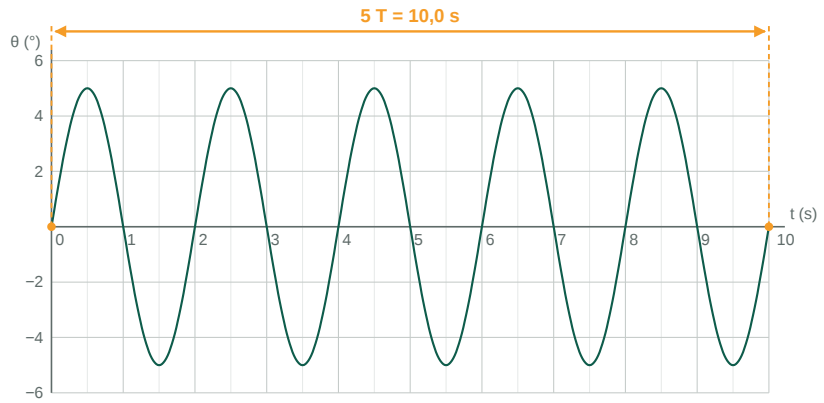
Pour gagner en précision, on mesure la durée du plus grand nombre possible de périodes. La courbe passe par $\theta = 0$ en montant à $t = 0$ s, puis de nouveau à $t = 10{,}0$ s, après 5 oscillations complètes.

$5\,T = 10{,}0$ s, donc $T = \dfrac{10{,}0}{5}$

$$\boxed{T = 2{,}0 \text{ s}}$$

PIÈGE
Mesurer l'écart entre deux passages successifs par zéro : c'est une demi-période (1,0 s). Il faut deux passages dans le même sens.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser : l'erreur de lecture sur le graphique est répartie sur toutes les périodes comptées.



Q7 · Figure 3 du sujet : cinq périodes entières entre $t = 0$ et $t = 10{,}0$ s

Q8 Calculer la valeur de l'intensité de pesanteur g, sachant que $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}}$.

Données utiles $\ell = 1{,}0$ m ; $T = 2{,}0$ s (Q7)

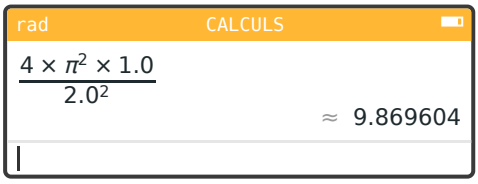
En élevant au carré : $T^2 = 4\pi^2 \dfrac{\ell}{g}$, donc $g = \dfrac{4\pi^2\,\ell}{T^2}$.

$$g = \frac{4\pi^2 \times 1{,}0}{2{,}0^2}$$

$$\boxed{g = 9{,}9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, comme ℓ et T. La valeur est cohérente avec $g \approx 9{,}8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ connue à la surface de la Terre.

À LA CALCULATRICE



Q9 En considérant que le poids P du pendule est égal à la force d'interaction gravitationnelle F exercée par la Terre sur le pendule, déterminer la valeur M_T de la masse de la Terre.

Données utiles $R_T = 6{,}37 \times 10^3$ km ; g (Q8) ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

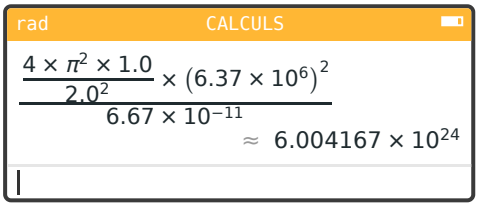
Pour le pendule de masse m : $P = m\,g$ et $F = G\dfrac{M_T\,m}{R_T^2}$.

$P = F$ donne $m\,g = G\dfrac{M_T\,m}{R_T^2}$, donc $M_T = \dfrac{g\,R_T^2}{G}$, avec $R_T = 6{,}37 \times 10^6$ m.

$$M_T = \frac{9{,}87 \times (6{,}37 \times 10^6)^2}{6{,}67 \times 10^{-11}}$$

$$\boxed{M_T = 6{,}0 \times 10^{24}\ \text{kg}}$$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Laisser R_T en kilomètres : le résultat serait un million de fois trop petit. Convertir en mètres avant d'élever au carré.

COMPRENDRE

On garde la valeur non arrondie de g dans le calcul, puis deux chiffres significatifs. Les deux méthodes concordent : $5{,}95 \times 10^{24}$ kg (Q6) et $6{,}0 \times 10^{24}$ kg.

étude de la caléfaction

Bac 2024 Polynésie Jour 2 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 À l'aide de la figure 2, proposer un argument justifiant le manque d'intérêt de la zone B pour l'étude de la caléfaction.

Dans la zone B (entre 100 °C et 180 °C environ), la durée de vie relevée sur la figure 2 est pratiquement nulle : quelques secondes au plus, contre une centaine de secondes dans la zone C.

La goutte se vaporise donc dès qu'elle touche la plaque : elle ne reste pas à l'état liquide au-dessus d'un coussin de vapeur.

Zone B : durée de vie quasi nulle, la goutte disparaît aussitôt, il n'y a pas de caléfaction à étudier.

MÉTHODE
« À l'aide de la figure » : citer une lecture du graphique (ici la durée de vie proche de 0 s), puis la relier à la définition donnée dans l'introduction.

Q2 Nommer le phénomène observé sur la figure 4.

L'écran montre une tache centrale très lumineuse, entourée de taches secondaires moins intenses et plus petites : le faisceau s'est étalé en traversant l'espace étroit entre la goutte et la plaque.

Il s'agit de la **diffraction** de la lumière.

PIÈGE
Ne pas répondre « interférences » : il n'y a ici qu'une seule ouverture, et la tache centrale est deux fois plus large que les autres, ce qui signe la diffraction.

Q3 Donner une condition sur la taille de l'espace a pour que ce phénomène soit facilement observable avec un laser de longueur d'onde λ.

La diffraction est d'autant plus marquée que l'ouverture est petite. Pour la lumière, elle reste bien visible tant que a ne dépasse pas une centaine de fois λ environ.

a doit être du même ordre de grandeur que λ, ou au plus de l'ordre de $100\,\lambda$.

COMPRENDRE
Comme $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, un espace a trop grand donne un angle minuscule : la tache centrale se réduit alors à la trace du faisceau et l'étalement ne se voit plus.

Q4 Montrer à l'aide de la figure 3 que, dans l'approximation des petits angles, $\theta = \dfrac{L}{2D}$.

Sur la figure 3, on considère le triangle rectangle dont le sommet est la goutte : le côté adjacent à l'angle θ est la distance D jusqu'à l'écran, le côté opposé est la demi-largeur $\dfrac{L}{2}$ de la tache centrale.

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

L'angle θ est petit et exprimé en radians, donc $\tan\theta = \theta$.

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

PIÈGE
Le côté opposé est la moitié de la tache centrale, pas L : oublier le facteur 2 fausse la valeur de a en Q7.

Q5 Établir l'expression de a en fonction de D, L et λ.

Données utiles $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$; $\theta = \dfrac{L}{2D}$ (Q4)

Les deux expressions de θ sont égales :

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

Produit en croix : $a \times L = 2\,\lambda\,D$.

$$a = \frac{2\,\lambda\,D}{L}$$

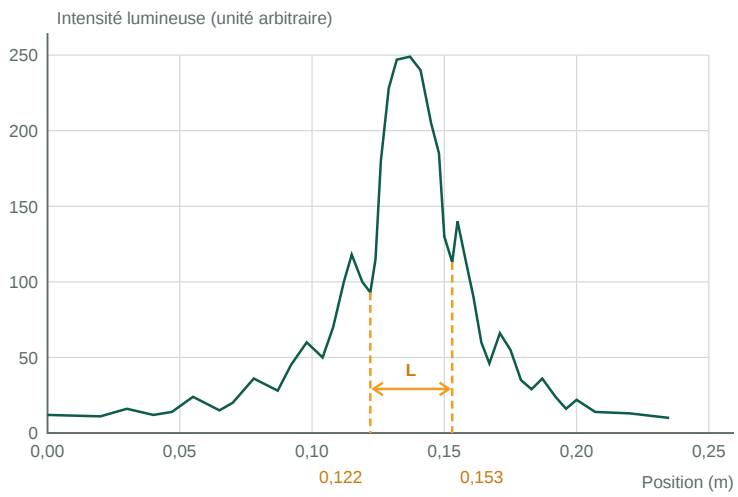
COMPRENDRE
a et L varient en sens inverse : plus le coussin de vapeur est mince, plus la tache centrale est large. Vérification : λ, D et L sont des longueurs, a aussi.

Q6 En s'appuyant sur la figure 5, déterminer la valeur de la largeur L de la tache centrale.

La tache centrale correspond au pic principal de la figure 5. Elle est limitée par les deux minimums d'intensité qui l'encadrent, lus aux positions $x_1 \approx 0{,}122$ m et $x_2 \approx 0{,}153$ m.

$L = x_2 - x_1 = 0{,}153 - 0{,}122 = 0{,}031$ m

$L \approx 3{,}1 \times 10^{-2}$ m (soit 3,1 cm)



Q6 · Figure 5 du sujet : la tache centrale s'étend entre les deux minimums qui encadrent le pic principal

PIÈGE
Ne pas mesurer la largeur à mi-hauteur du pic, ni aller jusqu'au pied de la courbe : L se lit entre les deux premiers creux, de part et d'autre du maximum.

COMPRENDRE
La courbe est irrégulière et la graduation large : la lecture se fait à 2 ou 3 mm près. Une valeur comprise entre 2,8 cm et 3,4 cm est acceptable.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.153 - 0.122$

≈ 0.031

Q7 Calculer la valeur de l'intervalle a entre la goutte et la plaque.

Données utiles $\lambda = 532$ nm $= 532 \times 10^{-9}$ m ; $D = 2{,}00$ m ; $L = 3{,}1 \times 10^{-2}$ m (Q6)

$$a = \frac{2\,\lambda\,D}{L} = \frac{2 \times 532 \times 10^{-9} \times 2{,}00}{3{,}1 \times 10^{-2}} = 6{,}9 \times 10^{-5}\ \text{m}$$

$a \approx 6{,}9 \times 10^{-5}$ m, soit environ 69 μm : l'épaisseur du coussin de vapeur.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2 \times 532 \times 10^{-9} \times 2.00}{3.1 \times 10^{-2}}$

$\approx 6.864516 \times 10^{-5}$

PIÈGE
Convertir λ en mètres : 532 nm $= 532 \times 10^{-9}$ m. Laisser 532 donne un résultat un milliard de fois trop grand.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme L, la donnée la moins précise. On trouve $a \approx 130\,\lambda$: c'est de l'ordre de la limite de Q3, la diffraction reste observable.