Corrigé complet — Bac 2025 Centres étrangers 1 Jour 1

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

Ex 1	**Autour du géranium Rosat** Groupes caractéristiques · Spectroscopie infrarouge · Titrage pH-métrique · Incertitudes de mesure · Mécanisme réactionnel et catalyse	9 pts	1 h 35	13 questions	p. 2
Ex 2	**Radar pédagogique équipé d'un panneau solaire** Rendement d'un panneau photovoltaïque · Effet Doppler · Vitesse à partir d'un pointage · Période et fréquence · Exploitation de graphiques	6 pts	1 h 03	8 questions	p. 7
Ex 3	**La face cachée de la Lune** Repère de Frenet · Deuxième loi de Newton · Période de révolution · Ondes électromagnétiques · Radioactivité alpha · Demi-vie	5 pts	53 min	10 questions	p. 11

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.

Autour du géranium Rosat

Bac 2025 Centres étrangers 1 Jour 1 · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

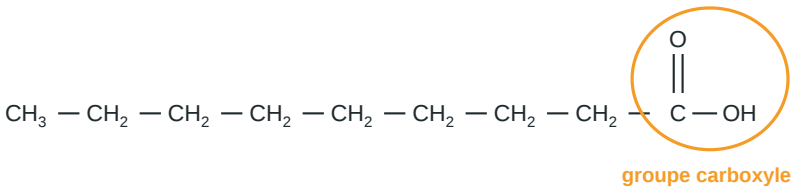
Q.1 Écrire la formule semi-développée de l'acide nonanoïque. Entourer le groupe caractéristique puis nommer la famille fonctionnelle associée.

La chaîne compte neuf atomes de carbone, celui du groupe caractéristique compris (formule ci-dessous).

Le groupe entouré, $-\mathrm{COOH}$, est le groupe carboxyle.

Famille fonctionnelle : **acide carboxylique**.

PIÈGE
Dans une formule topologique, chaque extrémité et chaque sommet de la ligne brisée est un carbone. Ici : un $\mathrm{CH_3}$, sept $\mathrm{CH_2}$ et le carbone de COOH, soit neuf (préfixe « nonan- »).



Q.1 · Formule semi-développée de l'acide nonanoïque, groupe caractéristique entouré

Q.2 Justifier que le spectre infrarouge de l'échantillon peut correspondre à celui de l'acide nonanoïque.

Données utiles table IR : $\mathrm{O-H}$ acide carboxylique, 2500 – $3200\ \mathrm{cm^{-1}}$, forte à moyenne, large ; $\mathrm{C=O}$ acide carboxylique, 1680 – $1710\ \mathrm{cm^{-1}}$, forte et fine

Sur le spectre, on repère :

- une bande large et intense qui s'étale de 2500 à $3200\ \mathrm{cm^{-1}}$ environ : liaison $\mathrm{O-H}$ d'un acide carboxylique ;
- une bande fine et intense vers $1700\ \mathrm{cm^{-1}}$: liaison $\mathrm{C=O}$ d'un acide carboxylique.

Ces deux bandes signalent un groupe carboxyle : le spectre est compatible avec l'acide nonanoïque.

COMPRENDRE
L'axe des nombres d'onde est gradué de droite à gauche et une bande d'absorption est un creux de transmittance. Le spectre confirme la famille, pas la longueur de la chaîne : d'où « peut correspondre ».

Q.3 Sélectionner, parmi la verrerie disponible, celle à utiliser pour diluer 10 fois la solution commerciale. Justifier.

Données utiles fioles jaugées : $50{,}0$; $100{,}0$; $200{,}0$ mL ; pipettes jaugées : $2{,}0$; $10{,}0$; $25{,}0$ mL

Diluer 10 fois, c'est avoir un facteur de dilution $F = \dfrac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}} = 10$: le volume de la fiole doit valoir dix fois celui de la pipette.

Seul couple possible : $\dfrac{100{,}0}{10{,}0} = 10$.

Pipette jaugée de $10{,}0$ mL (prélèvement de la solution commerciale) et fiole jaugée de $100{,}0$ mL.

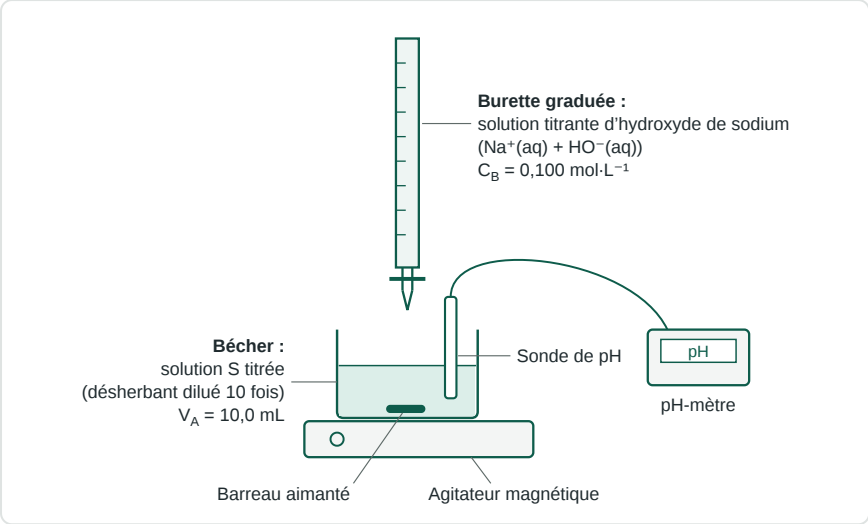
MÉTHODE
Tester chaque pipette : il faudrait une fiole de 20 mL avec la pipette de $2{,}0$ mL et de 250 mL avec celle de $25{,}0$ mL. Aucune des deux n'est disponible.

Q.4 Réaliser un schéma du dispositif permettant d'effectuer ce titrage pH-métrique et nommer la verrerie et les solutions.

Schéma légendé ci-dessous.

Burette graduée : solution titrante d'hydroxyde de sodium. Bécher : prise d'essai de la solution S, sous agitation, avec la sonde du pH-mètre.

PIÈGE
Un schéma sans légende ne rapporte rien. Il faut nommer la burette, le bécher, le pH-mètre et sa sonde, l'agitateur magnétique, et préciser quelle solution est dans la burette et laquelle est dans le bécher.



Q.4 · Montage du titrage pH-métrique

Q.5 Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre l'ion hydroxyde et l'acide nonanoïque, noté $\mathrm{R{-}COOH}$.

L'acide cède un ion $\mathrm{H^+}$ à la base $\mathrm{HO^-}$:

$$\mathrm{R{-}COOH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow R{-}COO^-\,(aq) + H_2O\,(l)}$$

COMPRENDRE
Réaction acide-base entre l'acide du couple $\mathrm{R{-}COOH\,/\,R{-}COO^-}$ et la base du couple $\mathrm{H_2O\,/\,HO^-}$. Flèche simple : la transformation est totale. Les ions $\mathrm{Na^+}$, spectateurs, n'apparaissent pas.

Q.6 Sélectionner la ou les qualités que doit posséder la réaction support du titrage : lente, rapide, unique, multiple, totale, non-totale.

Qualités requises : **rapide**, **unique** et **totale**.

COMPRENDRE
Rapide : le pH se stabilise aussitôt après chaque ajout. Unique : la soude versée ne réagit qu'avec l'acide dosé. Totale : toute la soude versée avant l'équivalence est consommée.

Q.7 Définir l'équivalence d'un titrage.

L'équivalence est l'état du système pour lequel le réactif titrant et le réactif titré ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage.

Les deux réactifs sont alors entièrement consommés ; au-delà, le réactif titrant est en excès.

Q.8 Vérifier que la concentration en masse d'acide nonanoïque indiquée sur le flacon est compatible avec le résultat du dosage pH-métrique.

Données utiles $c_{\text{réf}} = 250\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; dilution au dixième ; $V_A = 10{,}0$ mL, $u(V_A) = 0{,}02$ mL ; $C_B = 0{,}100\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $u(C_B) = 0{,}002\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $u(V_E) = 0{,}5$ mL ; $M = 158{,}24\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Volume équivalent. Le pic de la courbe dérivée $\dfrac{\text{dpH}}{\text{d}V}$ repère l'équivalence : on lit $V_E = 16{,}9$ mL.

Concentration de S. À l'équivalence, d'après l'équation (Q.5) : $n(\text{R}-\text{COOH})_{\text{initial}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}$, soit $C_A V_A = C_B V_E$, donc $C_A = \dfrac{C_B V_E}{V_A}$.

Concentration en masse du désherbant. La solution commerciale est 10 fois plus concentrée que S :

$$c_{\text{mes}} = 10\, C_A\, M = \frac{10\, C_B\, V_E\, M}{V_A}$$

$$c_{\text{mes}} = \frac{10 \times 0{,}100 \times 16{,}9 \times 158{,}24}{10{,}0} = 267\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

Incertitude-type (M et le facteur 10 pris exacts) :

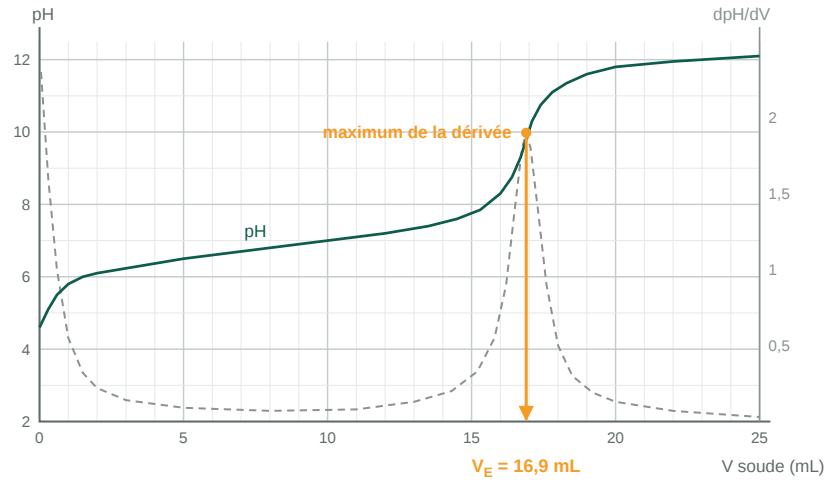
$$u(c_{\text{mes}}) = c_{\text{mes}}\sqrt{\left(\frac{u(C_B)}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2}$$

$$u(c_{\text{mes}}) = 267 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}002}{0{,}100}\right)^2 + \left(\frac{0{,}5}{16{,}9}\right)^2 + \left(\frac{0{,}02}{10{,}0}\right)^2}$$

soit $u(c_{\text{mes}}) = 9{,}5\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, arrondie par excès à $10\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Compatibilité. $\dfrac{|c_{\text{mes}} - c_{\text{réf}}|}{u(c_{\text{mes}})} = \dfrac{|267 - 250|}{10} = 1{,}7$

Le quotient vaut $1{,}7 < 2$: la valeur de l'étiquette, $250\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, est compatible avec le résultat du titrage, $c_{\text{mes}} = (2{,}7 \pm 0{,}1) \times 10^2\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.



Q.8 · Courbe du sujet : lecture du volume équivalent au maximum de la courbe dérivée

PIÈGE

Oublier la dilution : C_A est la concentration de S, pas celle du flacon. Sans le facteur 10 on trouve $26{,}7\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et on conclut à tort que l'étiquette est fausse.

COMPRENDRE

Trois chiffres significatifs pour c_{mes}, comme C_B, V_E et V_A. L'incertitude-type s'écrit avec un seul chiffre, arrondi par excès. Elle vient surtout de la lecture de V_E. Quotient inférieur à 2 : résultats compatibles.

MÉTHODE

Les volumes V_E et V_A peuvent rester en mL : leur rapport est sans unité. Même chose dans la formule d'incertitude, où n'interviennent que des rapports de grandeurs de même unité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{10 \times 0.100 \times 16.9 \times 158.24}{10.0} \approx 267.4256$

$267 \times \sqrt{\left(\frac{0.002}{0.100}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{16.9}\right)^2 + \left(\frac{0.02}{10.0}\right)^2} \approx 9.549943$

$\dfrac{267 - 250}{10} \approx 1.7$

Q.9 Indiquer la famille chimique à laquelle appartient le nonanoate de méthyle.

La molécule contient le groupe caractéristique $-COO-C$: un carbone lié par une double liaison à un oxygène et par une liaison simple à un second oxygène, lui-même lié à un carbone.

Famille chimique : les **esters**.

MÉTHODE
Le nom suffit : « alcanoate d'alkyle » désigne toujours un ester. Ne pas confondre avec l'acide carboxylique, où le second oxygène porte un hydrogène.

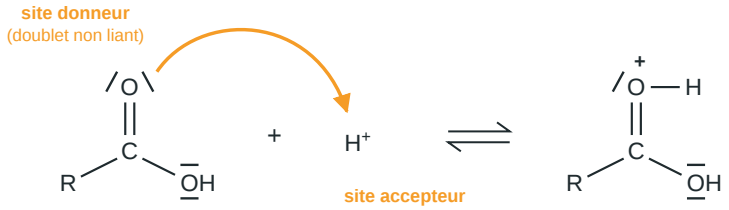
Q.10 Recopier l'étape 1. Représenter la flèche courbe dans cette étape. Justifier son sens.

Étape 1 recopiée ci-dessous avec la flèche courbe.

Une flèche courbe représente le déplacement d'un doublet d'électrons. Elle part d'un site donneur, ici un doublet non liant de l'atome d'oxygène du groupe $C=O$, riche en électrons, et pointe vers un site accepteur, ici l'ion H^+, pauvre en électrons.

La flèche va du doublet non liant de l'oxygène vers H^+ : ce doublet devient la liaison $O-H$ du produit.

PIÈGE
Faire partir la flèche de H^+ : il n'a aucun électron à donner. La flèche part d'un doublet (ou d'une liaison), jamais d'une charge positive, et l'oxygène devenu trois fois lié porte la charge $+$.



Q.10 · Étape 1 avec la flèche courbe

Q.11 Écrire la formule de la molécule X produite à l'étape 4 du mécanisme. Justifier.

Dans une étape élémentaire, les éléments et la charge se conservent. Autour du carbone central, hors groupes R et CH_3 inchangés :

- avant : 3 atomes O, 3 atomes H, charge $+$;
- après : 2 atomes O, 1 atome H, charge $+$.

X emporte donc 1 atome O et 2 atomes H, sans charge : c'est le groupe $-\overset{+}{O}H_2$ qui se détache du carbone.

X est la molécule d'eau, H_2O.

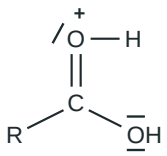
COMPRENDRE
Vérification avec l'équation de la réaction : acide nonanoïque $C_9H_{18}O_2$ + méthanol CH_4O donne l'ester $C_{10}H_{20}O_2$ + X, donc X $= H_2O$. Une estérification produit toujours de l'eau.

Q.12 Recopier la formule d'un intermédiaire réactionnel du mécanisme de formation du nonanoate de méthyle et justifier le choix.

Un intermédiaire réactionnel est une espèce produite par une étape du mécanisme puis consommée par une étape ultérieure : il ne figure pas dans l'équation de la réaction.

Le cation obtenu à l'étape 1 (formule ci-dessous) convient : il est formé à l'étape 1 et consommé à l'étape 2.

COMPRENDRE
Les cations formés aux étapes 2, 3 et 4 sont aussi des réponses acceptées. En revanche H^+ n'en est pas un : il est consommé avant d'être reformé.



formé à l'étape 1
consommé à l'étape 2
absent de l'équation de la réaction

Q.12 · Un intermédiaire réactionnel : le cation formé à l'étape 1

Q.13 Indiquer le rôle de l'acide sulfurique introduit dans le mélange initial. Justifier.

L'acide sulfurique apporte les ions H^+. Un ion H^+ est consommé à l'étape 1 puis régénéré à l'étape 5 : il n'apparaît pas dans l'équation de la réaction.

L'acide sulfurique est un **catalyseur** : il accélère la synthèse sans figurer dans son bilan.

PIÈGE

Répondre « catalyseur » sans justifier ne donne qu'une partie des points : il faut citer les étapes 1 et 5. Un catalyseur réduit la durée de la transformation, il ne modifie pas l'état final.

Radar pédagogique équipé d'un panneau solaire

Bac 2025 Centres étrangers 1 Jour 1 · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 03**

Q.1 Justifier, à l'aide de la figure 3, que dans les conditions d'éclairement du radar la puissance électrique maximale fournie est $P_m = 100$ W.

Données utiles $E = 600\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

Le radar reçoit un éclairement moyen de $600\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$. Sur la figure 3, on choisit la courbe de puissance (trait plein) repérée « $600\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ». Son sommet, atteint pour $U \approx 22$ V, se lit sur l'axe de droite.

Le maximum de cette courbe vaut $P_m = 100$ W.

PIÈGE
Lire le sommet sur l'axe de gauche (intensité, en A) : on trouverait 5. La puissance se lit sur l'axe de droite.

Q.2 Calculer la valeur du rendement η du panneau photovoltaïque. Conclure.

Données utiles $P_m = 100$ W (Q.1) ; $E = 600\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; dimensions : 850 mm × 950 mm ; rendement annoncé : 20 %

Le rendement est le rapport de la puissance électrique fournie à la puissance lumineuse reçue :

$$\eta = \frac{P_m}{P_{lum}} = \frac{P_m}{E \times S}$$

Surface du panneau : $S = 0{,}850 \times 0{,}950 = 0{,}808\ \text{m}^2$.

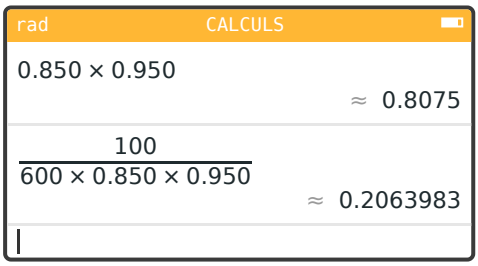
$$\eta = \frac{100}{600 \times 0{,}850 \times 0{,}950} = 0{,}206$$

$\eta = 0{,}206$, soit environ $21\ \%$: la valeur est très proche des $20\ \%$ annoncés, le rendement annoncé est vérifié.

PIÈGE
Laisser les dimensions en millimètres : E est en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, la surface doit être en m^2.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : on garde autant de chiffres que la donnée la moins précise. Les dimensions en ont trois, d'où $0{,}206$. Le rendement annoncé n'en a que deux : on compare $21\ \%$ à $20\ \%$.

À LA CALCULATRICE



Q.3 Décrire qualitativement l'effet Doppler.

Lorsqu'un émetteur d'ondes et un récepteur sont en mouvement l'un par rapport à l'autre, la fréquence de l'onde reçue f_R est différente de la fréquence de l'onde émise f_E : c'est l'effet Doppler.

- S'ils se rapprochent, $f_R > f_E$.
- S'ils s'éloignent, $f_R < f_E$.

Le décalage $\Delta f = |f_R - f_E|$ est d'autant plus grand que la vitesse relative est grande.

COMPRENDRE
Ici, le véhicule renvoie l'onde vers le radar fixe : il se comporte comme un récepteur puis comme un émetteur en mouvement, d'où le facteur 2 dans l'expression de Δf donnée par le sujet.

Q.4 Calculer les valeurs des vitesses v_7 et v_{11} du chariot aux dates t_7 et t_{11}.

Données utiles figure 7 : $x_6 = 19{,}7$ mm ; $x_8 = 26{,}2$ mm ; $x_{10} = 32{,}8$ mm ; $x_{12} = 39{,}3$ mm ; 13 intervalles entre $t_0 = 0$ s et $t_{13} = 0{,}429$ s

Durée entre deux positions successives : $\tau = \dfrac{0{,}429}{13} = 0{,}0330$ s.

La vitesse à la date t_i est assimilée à la vitesse moyenne entre les deux positions qui encadrent M_i :

$$v_7 = \frac{M_6M_8}{2\tau} = \frac{x_8 - x_6}{2\tau} = \frac{(26{,}2 - 19{,}7)\times 10^{-3}}{2 \times 0{,}0330} = 9{,}8 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

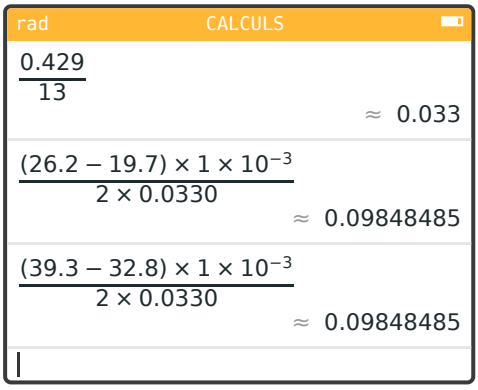
$$v_{11} = \frac{M_{10}M_{12}}{2\tau} = \frac{x_{12} - x_{10}}{2\tau} = \frac{(39{,}3 - 32{,}8)\times 10^{-3}}{2 \times 0{,}0330} = 9{,}8 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v_7 \approx v_{11} \approx 9{,}8 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (soit $9{,}8\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)

PIÈGE
Diviser 0,429 s par 14 (le nombre de points) au lieu de 13 (le nombre d'intervalles), ou oublier le facteur 2 au dénominateur.

COMPRENDRE
Une abscisse se lit à 0,1 mm près : la distance de 6,5 mm n'a que deux chiffres significatifs, le résultat aussi. Une lecture décalée de 0,1 mm change la vitesse de $0{,}15\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



Q.5 Associer, en justifiant, chaque courbe A et B des figures 8a et 8b à la grandeur correspondante.

Le chariot avance à vitesse constante, proche de $0{,}1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ d'après Q.4.

- Courbe A : les valeurs restent voisines de $0{,}1$ au cours du temps. Elle représente la vitesse v_x.
- Courbe B : la grandeur part de 0 et augmente régulièrement jusqu'à environ $0{,}042$ m, soit les 42 mm parcourus sur la figure 7. Elle représente la position x.

Courbe A : $v_x = g(t)$; courbe B : $x = f(t)$.

MÉTHODE
Pour un mouvement rectiligne uniforme, v_x est constante et x est une fonction affine du temps : on cherche la courbe « horizontale » et la droite croissante, puis on contrôle les ordres de grandeur.

Q.6 Estimer, à partir d'une des figures 8a ou 8b, la valeur de la vitesse moyenne du chariot.

Données utiles figure 8b : droite passant par l'origine et par le point $(0{,}40\ \text{s} ; 0{,}0385\ \text{m})$

Sur la figure 8b, les points sont alignés sur une droite passant par l'origine : $x = k \times t$. La vitesse est la dérivée de la position, $v_x = \dfrac{\text{d}x}{\text{d}t} = k$, coefficient directeur de la droite.

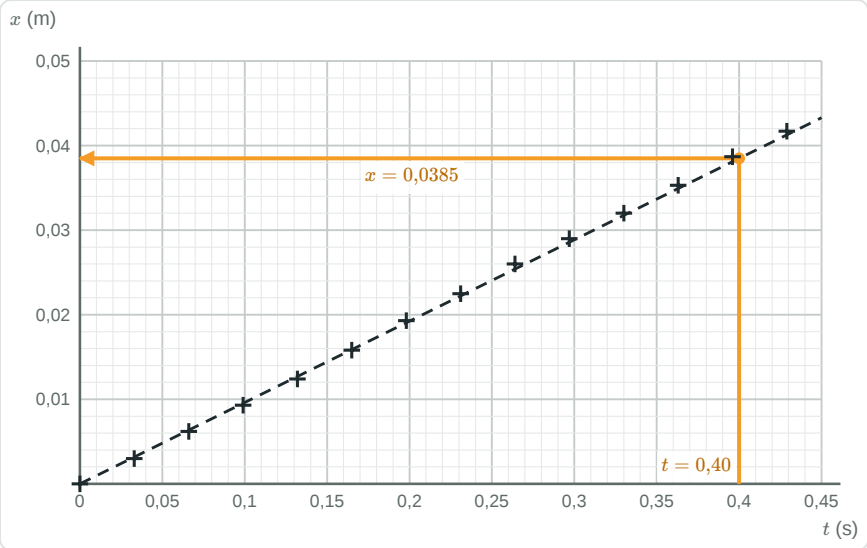
On trace la droite au plus près des points ; elle passe par $(0{,}40\ \text{s} ; 0{,}0385\ \text{m})$:

$$v_{moy} = \frac{0{,}0385 - 0}{0{,}40 - 0} = 9{,}6 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v_{moy} \approx 9{,}6 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (soit $9{,}6\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)

COMPRENDRE
La figure 8a convient aussi : les points oscillent entre $0{,}092$ et $0{,}104\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, et une droite horizontale moyenne se place vers $0{,}096\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Les deux méthodes concordent.

MÉTHODE
Pour un coefficient directeur, choisir deux points de la droite tracée, éloignés l'un de l'autre, et non deux points de mesure voisins.



À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.0385}{0.40} \approx 0.09625$

Q.6 · Figure 8b du sujet, avec la droite moyenne et le point utilisé

Q.7 Déterminer la valeur de la période T_R du signal obtenu. En déduire que la fréquence f_E du signal émis vaut 42 kHz.

Données utiles figure 9 : le signal coupe l'axe en montant à $t = 7$ µs, puis cinq périodes plus tard à $t = 127$ µs

Pour gagner en précision, on mesure la durée de 5 périodes sur la figure 9 :

$$5\,T_R = 127 - 7 = 120\ \mu s \quad \text{donc} \quad T_R = \frac{120}{5} = 24\ \mu s = 24 \times 10^{-6}\ s$$

$$f_R = \frac{1}{T_R} = \frac{1}{24 \times 10^{-6}} = 4{,}2 \times 10^4\ \text{Hz}$$

Le chariot étant immobile, il n'y a pas d'effet Doppler : la fréquence reçue est égale à la fréquence émise, $f_E = f_R$.

$T_R = 24$ µs et $f_E = f_R = 4{,}2 \times 10^4$ Hz $= 42$ kHz, valeur attendue : 42 kHz.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{127 - 7}{5} \approx 24$

$\frac{1}{24 \times 10^{-6}} \approx 41666.67$

PIÈGE

Oublier de justifier $f_E = f_R$: le signal de la figure 9 est le signal reçu. Sans la phrase « chariot immobile, donc pas de décalage Doppler », la déduction est incomplète.

MÉTHODE

Mesurer plusieurs périodes entre deux passages identiques (même valeur, même sens de variation) puis diviser : l'erreur de lecture est répartie sur le nombre de périodes.

Q.8 Calculer la valeur de la vitesse $v_{chariot}$ obtenue par effet Doppler. Comparer le résultat à ceux des questions Q.4 et Q.6.

Données utiles $\Delta f = 22{,}7$ Hz ; $f_E = 42$ kHz (Q.7) ; à $\theta = 21{,}0\ ^\circ\text{C}$: $v = 344{,}25\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $v_7 \approx v_{11} \approx 9{,}8 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Q.4) ; $v_{moy} = 9{,}6 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Q.6)

$\Delta f = 2 \times f_E \times \dfrac{v_{chariot}}{v}$ donc

$$v_{chariot} = \frac{\Delta f \times v}{2 \times f_E} = \frac{22{,}7 \times 344{,}25}{2 \times 42 \times 10^3} = 9{,}3 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Comparaison : le pointage donne $9{,}8 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Q.4) et $9{,}6 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Q.6). L'écart relatif avec la valeur Doppler est de $3\ \%$ à $5\ \%$.

$v_{chariot} = 9{,}3 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$: valeur un peu plus faible mais du même ordre que celles du pointage, les deux méthodes sont cohérentes.

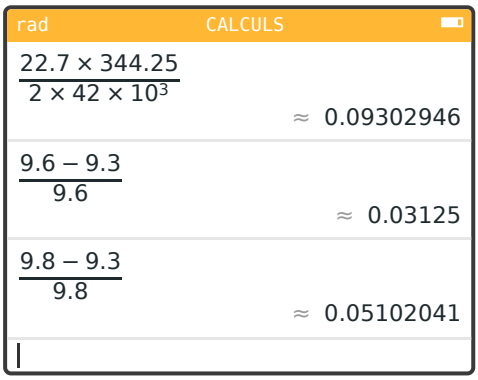
PIÈGE

Prendre $v = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ par habitude : la célérité se lit dans le tableau, à la température de la pièce ($21{,}0\ ^\circ\text{C}$). Ne pas oublier non plus de convertir f_E en hertz.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme f_E. Cette fréquence est la donnée la moins précise : avec T_R lu à 1 µs près, elle est connue à environ $4\ \%$, ce qui suffit à expliquer l'écart entre les méthodes.

À LA CALCULATRICE



La face cachée de la Lune

Bac 2025 Centres étrangers 1 Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

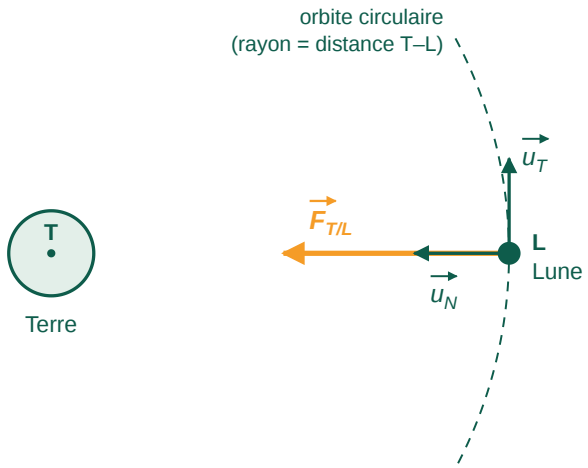
Q.1 Schématiser, sans souci d'échelle, la Terre et la Lune. Placer le repère de Frenet $(\vec{u}_N, \vec{u}_T)$ centré sur la Lune et représenter la force à laquelle la Lune est soumise.

Voir le schéma. Le vecteur $\vec{u}_N$ est porté par la droite (LT) et dirigé vers T ; le vecteur $\vec{u}_T$ est tangent à l'orbite, dans le sens du mouvement.

La Lune subit uniquement la force gravitationnelle $\overrightarrow{F}_{T/L}$ exercée par la Terre.

$\overrightarrow{F}_{T/L}$: appliquée en L, portée par (LT), dirigée vers T, donc de même sens que $\vec{u}_N$.

PIÈGE
Dessiner la force qui part de la Terre, ou la force exercée par la Lune sur la Terre. Le système étudié est la Lune : la flèche part du point L.



Q.1 · La Terre, la Lune, le repère de Frenet centré sur L et la force exercée par la Terre (en orange)

Q.2 Donner, dans le repère de Frenet, l'expression vectorielle de la force à laquelle la Lune est soumise.

$$\overrightarrow{F}_{T/L} = G\,\frac{M_T\,M_L}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_N$$

COMPRENDRE
La Lune est modélisée par un point : la distance utile est $d_{T\text{-}L}$, de centre à centre, et le rayon R_L n'intervient pas. La force est attractive, donc selon $+\vec{u}_N$.

Q.3 Déduire de la seconde loi de Newton appliquée à la Lune l'expression de la période de révolution : $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{d_{T\text{-}L}^3}{G\,M_T}}$.

Système {Lune}, de masse M_L constante ; référentiel géocentrique supposé galiléen ; seule force : $\vec{F}_{T/L}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{T/L} = M_L\,\vec{a}$, soit $G\,\dfrac{M_T\,M_L}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_N = M_L\,\vec{a}$, donc

$$\vec{a} = \frac{G\,M_T}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_N + 0\,\vec{u}_T$$

Or, pour un mouvement circulaire de rayon $d_{T\text{-}L}$: $\vec{a} = \dfrac{v^2}{d_{T\text{-}L}}\,\vec{u}_N + \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\,\vec{u}_T$.

Par identification :

- selon $\vec{u}_T$: $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0$, la vitesse v est constante, le mouvement est uniforme ;
- selon $\vec{u}_N$: $\dfrac{v^2}{d_{T\text{-}L}} = \dfrac{G\,M_T}{d_{T\text{-}L}^2}$, d'où $v = \sqrt{\dfrac{G\,M_T}{d_{T\text{-}L}}}$.

Pendant une période T, la Lune parcourt à vitesse constante la circonférence $2\pi\,d_{T\text{-}L}$:

$$T = \frac{2\pi\,d_{T\text{-}L}}{v} = 2\pi\,d_{T\text{-}L}\sqrt{\frac{d_{T\text{-}L}}{G\,M_T}}$$

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{d_{T\text{-}L}^3}{G\,M_T}}$, ce qui est l'expression attendue.

PIÈGE
Écrire $T = 2\pi d_{T\text{-}L}/v$ sans avoir établi que v est constante : cette relation n'est valable que pour un mouvement uniforme.

MÉTHODE
Orbite circulaire : 1) deuxième loi de Newton ; 2) accélération dans le repère de Frenet ; 3) identification, qui donne l'uniformité puis v ; 4) T = circonférence divisée par v.

Q.4 Calculer la période de révolution T de la Lune autour de la Terre. Sachant que la Lune tourne sur elle-même en environ 28 jours, expliquer pourquoi on ne voit qu'une seule face de la Lune.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}}$; $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg ; $d_{T\text{-}L} = 384\,400\ \mathrm{km} = 3{,}844 \times 10^8$ m

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(3{,}844 \times 10^8)^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}97 \times 10^{24}}} = 2{,}37 \times 10^6\ \mathrm{s}$$

En jours : $T = \dfrac{2{,}37 \times 10^6}{86\,400} = 27{,}5$ j, soit environ 28 jours.

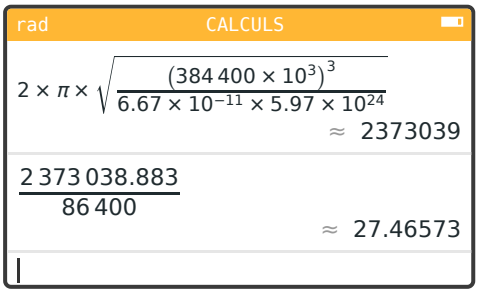
La Lune fait donc un tour sur elle-même pendant qu'elle fait un tour autour de la Terre : les deux périodes sont égales. Elle présente ainsi toujours la même face à la Terre, l'autre face n'est jamais visible depuis la Terre.

$T = 2{,}37 \times 10^6$ s $\approx 27{,}5$ jours : période de révolution égale à la période de rotation propre.

PIÈGE
Laisser $d_{T\text{-}L}$ en kilomètres : avec G en unités SI, la distance doit être en mètres. L'oubli donne une période d'environ 75 s, résultat absurde à repérer.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme G et M_T, données les moins précises. Un jour vaut $24 \times 3600 = 86\,400$ s.

À LA CALCULATRICE



Q.5 Déterminer les longueurs d'onde associées aux signaux de la bande UHF. En déduire le domaine spectral auquel ils appartiennent.

Données utiles fréquences de 300 MHz à 3000 MHz ; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; figure 3

Longueur d'onde dans le vide : $\lambda = \dfrac{c}{f}$.

Pour $f = 300\ \text{MHz} = 300 \times 10^6$ Hz : $\lambda = \dfrac{3{,}00 \times 10^8}{300 \times 10^6} = 1{,}00$ m.

Pour $f = 3000\ \text{MHz} = 3000 \times 10^6$ Hz : $\lambda = \dfrac{3{,}00 \times 10^8}{3000 \times 10^6} = 0{,}100$ m.

D'après la figure 3, les longueurs d'onde comprises entre 1 mm et 1 m sont celles des micro-ondes.

$0{,}100\ \text{m} \leqslant \lambda \leqslant 1{,}00\ \text{m}$: ces signaux appartiennent au domaine des micro-ondes.

PIÈGE
Oublier de convertir les mégahertz en hertz ($1\ \text{MHz} = 10^6$ Hz). La plus grande fréquence correspond à la plus petite longueur d'onde.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{3.00 \times 10^8}{300 \times 10^6} \approx 1$

$\dfrac{3.00 \times 10^8}{3000 \times 10^6} \approx 0.1$

Q.6 Estimer la durée nécessaire pour que l'information émise depuis la station terrienne parvienne à Chang'e 6. Commenter.

Données utiles $d_{T\text{-}Q} = 449\,600$ km ; $d_{Q\text{-}C} = 65\,000$ km ; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Le signal ne peut pas atteindre directement la face cachée : il va de la Terre au satellite relais Queqiao 2, puis du relais à Chang'e 6. Il se propage à la célérité c :

$$\Delta t = \frac{d_{T\text{-}Q} + d_{Q\text{-}C}}{c} = \frac{449\,600 \times 10^3 + 65\,000 \times 10^3}{3{,}00 \times 10^8} = 1{,}72\ \text{s}$$

Ce retard reste faible, mais la communication n'est pas instantanée : entre l'envoi d'un ordre et la réception de la réponse de la sonde, il s'écoule au moins $2\,\Delta t \approx 3{,}4$ s. Un pilotage en temps réel depuis la Terre est donc délicat.

$\Delta t \approx 1{,}72$ s : délai court, mais qui interdit une commande strictement en temps réel.

PIÈGE
Utiliser la distance Terre-Lune : le trajet direct est impossible, la Lune fait écran. Il faut additionner les deux tronçons du relais, convertis en mètres.

COMPRENDRE
« Estimer » : on néglige le rayon de la Terre et la durée de traitement du signal par le satellite relais.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{449\,600 \times 10^3 + 65\,000 \times 10^3}{3.00 \times 10^8} \approx 1.715333$

Q.7 Écrire l'équation de désintégration nucléaire pour passer du radium 226 au radon 222. En déduire le type de radioactivité.

Données utiles $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$; $^{222}_{86}\mathrm{Rn}$

On note $^{A}_{Z}\mathrm{X}$ la particule émise : $^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{A}_{Z}\mathrm{X}$.

Le nombre de nucléons se conserve : $226 = 222 + A$, d'où $A = 4$.

Le nombre de charge se conserve aussi : $88 = 86 + Z$, d'où $Z = 2$.

La particule émise est un noyau d'hélium 4.

$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$: radioactivité α.

COMPRENDRE
C'est cohérent avec l'énoncé : DORN est un spectromètre alpha, qui compte des noyaux d'hélium. Le radon 222 est lui-même émetteur α.

Q.8 Définir la demi-vie d'un noyau radioactif.

La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés.

PIÈGE
Parler de « la moitié de la durée de vie » ou dire qu'au bout de deux demi-vies tout a disparu : il reste alors un quart des noyaux.

Q.9 Tracer l'allure de la courbe de décroissance radioactive $N = f(t)$ du radon 222 pour un échantillon contenant initialement N_0 noyaux. Représenter la demi-vie sur cette courbe.

Données utiles demi-vie du radon 222 : $t_{1/2} = 4$ jours

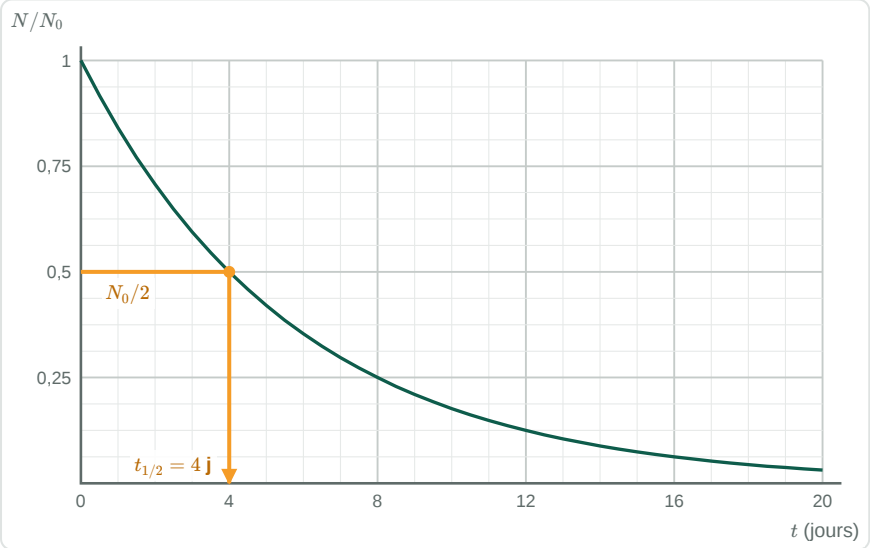
Le nombre de noyaux suit la loi $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$: la courbe part de N_0 à $t = 0$, décroît de moins en moins vite et tend vers 0.

À chaque demi-vie, N est divisé par deux : $N_0/2$ à 4 jours, $N_0/4$ à 8 jours, $N_0/8$ à 12 jours.

Exponentielle décroissante ; $t_{1/2} = 4$ jours est l'abscisse du point d'ordonnée $N_0/2$.

PIÈGE
Tracer une droite, ou une courbe qui coupe l'axe des abscisses. La courbe doit passer par les points $(4\,\text{j}; N_0/2)$ et $(8\,\text{j}; N_0/4)$.

COMPRENDRE
Cette courbe décrit un échantillon isolé. Sur la Lune, l'activité mesurée reste constante car le radium du sous-sol produit sans cesse de nouveaux noyaux de radon.



Q.9 · Décroissance radioactive du radon 222 et lecture de la demi-vie

Q.10 Justifier, à l'aide des demi-vies des différents noyaux, pourquoi le radon 222 est un traceur adapté à l'étude du dégazage lunaire sur une durée d'une semaine.

Données utiles demi-vies : 4,5 milliards d'années (^{238}U) ; 1 600 ans (^{226}Ra) ; 4 jours (^{222}Rn)

La demi-vie du radon 222 (4 jours) est du même ordre de grandeur que la durée de l'étude : une semaine représente presque deux demi-vies. Une grande partie des noyaux de radon arrivés en surface se désintègrent donc pendant la mesure, ce qui donne une activité suffisante pour être détectée, et le radon détecté s'est échappé du sous-sol depuis quelques jours seulement : il renseigne sur le dégazage actuel.

Les demi-vies du radium 226 (1 600 ans) et de l'uranium 238 (4,5 milliards d'années) sont immenses devant une semaine : leur nombre de noyaux ne varie pratiquement pas pendant l'étude. Ils ne permettent pas de suivre un phénomène sur quelques jours, mais ils produisent le radon à un rythme constant.

Seul le radon 222 a une demi-vie (4 j) comparable à la semaine d'étude ; celles du radium et de l'uranium sont beaucoup trop longues.

COMPRENDRE
Radon produit à rythme constant et disparaissant en quelques jours : un équilibre s'installe, ce qui explique l'activité constante mesurée par DORN.