Corrigé complet — Bac S 2018 Inde (Pondichéry) (ancien programme)

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

Ex 1	**La rifamycine** Couleur d'une solution et spectre d'absorption · Dilution · Échelle de teintes · Loi de Beer-Lambert · Dosage par étalonnage · Écart relatif	4 pts	40 min	7 questions	p. 2
Ex 2	**A propos des éclipses solaires** Mouvement circulaire uniforme · Deuxième loi de Newton et gravitation · Diffraction · Spectres et niveaux d'énergie · Incertitude de mesure · Loi de Wien	11 pts	1 h 50	17 questions	p. 6
Ex 3	**L'acide cinnamique** Groupes caractéristiques et nomenclature · Stéréoisomérie Z/E · Chauffage à reflux · Réaction acide-base et domaine de prédominance · Réactif limitant et rendement	5 pts	50 min	11 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Du carburant à partir de l'eau de mer** Alcanes et coupes pétrolières · Équation de réaction · Quantité de matière et masse volumique · Stœchiométrie · Rendement d'extraction · Résolution de problème	5 pts	50 min	2 questions	p. 18

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.

La rifamycine

Bac S 2018 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 40 min**

1 Justifier la couleur jaune-orangé de la solution de rifamycine.

Données utiles spectre d'absorption de la rifamycine ; cercle chromatique

Sur le spectre, l'absorbance est maximale pour $\lambda_{max} \approx 450$ nm : la solution absorbe surtout des radiations situées entre le violet (400 nm) et le bleu (480 nm).

La couleur d'une solution est la couleur complémentaire de celle qu'elle absorbe, c'est-à-dire la couleur diamétralement opposée sur le cercle chromatique. À l'opposé du bleu-violet, on trouve la zone située entre le jaune et l'orange.

La solution absorbe le bleu-violet ($\lambda_{max} \approx 450$ nm) : elle apparaît de la couleur complémentaire, **jaune-orangé**.

PIÈGE
Dire que la solution « absorbe le jaune-orangé ». C'est l'inverse : les radiations jaunes et orange sont transmises jusqu'à l'œil, ce sont les radiations bleu-violet qui sont retenues.

MÉTHODE
Trois étapes à écrire : lire λ_{max} sur le spectre, nommer la couleur absorbée, donner la couleur opposée sur le cercle chromatique.

2 Quelle verrerie est nécessaire à la préparation de 100,0 mL de la solution S_3 à partir de la solution S_1 ?

Données utiles $C_1 = 320\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_3 = 80\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_3 = 100{,}0$ mL

Il s'agit d'une dilution : la quantité de matière de rifamycine prélevée se retrouve dans la solution fille, donc $C_1 V_1 = C_3 V_3$.

$$V_1 = \frac{C_3 V_3}{C_1} = \frac{80 \times 100{,}0}{320} = 25 \text{ mL}$$

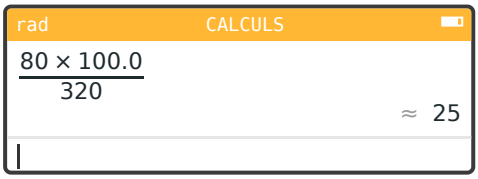
La solution S_1 est donc diluée 4 fois. On verse un peu de S_1 dans un bécher, on en prélève 25,0 mL avec une pipette jaugée munie d'une poire à pipeter, on les introduit dans une fiole jaugée de 100,0 mL, puis on complète à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on homogénéise.

Verrerie : un bécher, une **pipette jaugée de 25,0 mL** (avec sa poire à pipeter) et une **fiole jaugée de 100,0 mL**.

PIÈGE
Proposer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes. Le volume est donné au dixième de millilitre : seule la verrerie jaugée a cette précision.

COMPRENDRE
Le rapport $C_1/C_3 = 4$ est le facteur de dilution. Il donne directement $V_1 = V_3/4$, sans convertir les concentrations ni les volumes.

À LA CALCULATRICE



3 Estimer la concentration molaire en rifamycine de la solution S en justifiant la réponse.

Données utiles photographie de l'échelle de teintes ; $C_4 = 40\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_5 = 16\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Les cuves sont identiques : plus la solution est concentrée, plus elle absorbe la lumière et plus sa teinte est foncée.

Sur la photographie, la cuve contenant S est plus claire que celle de S_4 et plus foncée que celle de S_5. Sa concentration est donc comprise entre celles de ces deux solutions.

$$16\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} < C_S < 40\ \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

COMPRENDRE
Une échelle de teintes ne donne qu'un encadrement, large ici car l'œil distingue mal deux teintes voisines. C'est pourquoi le sujet passe ensuite au spectrophotomètre.

4 Les mesures d'absorbance effectuées sur les solutions S_i peuvent-elles être modélisées par la loi de Beer-Lambert ? Justifier.

Données utiles graphe $A = f(C)$ du sujet

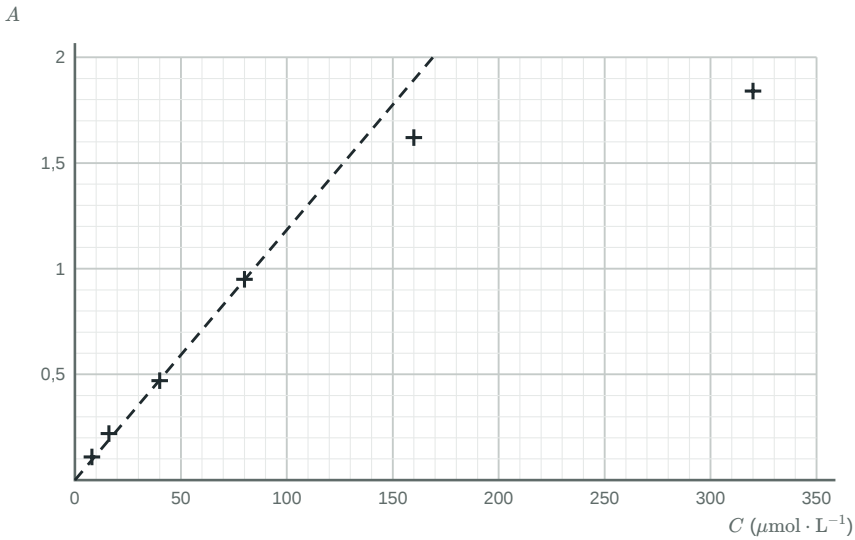
D'après la loi de Beer-Lambert, l'absorbance est proportionnelle à la concentration : $A = k\,C$. Le graphe $A = f(C)$ doit alors être une droite passant par l'origine.

Les points correspondant aux solutions S_6, S_5, S_4 et S_3 (de 8 à $80\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) sont pratiquement alignés avec l'origine. En revanche, les points de S_2 et de S_1 sont nettement en dessous de cette droite : pour $C = 320\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, la droite donnerait $A \approx 3{,}8$ alors qu'on mesure $A \approx 1{,}8$.

La loi de Beer-Lambert ne modélise les mesures que pour les **solutions peu concentrées**, jusqu'à $C \approx 80\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; elle ne convient pas pour S_2 et S_1.

PIÈGE
Répondre « non » parce que tous les points ne sont pas alignés, ou « oui » sans regarder les deux derniers. La réponse attendue est nuancée et précise le domaine de validité.

COMPRENDRE
La loi de Beer-Lambert n'est valable qu'en solution diluée. De plus, au-delà d'une absorbance de 1,5 environ, très peu de lumière traverse la cuve et le spectrophotomètre devient imprécis.



4 · Graphe du sujet : seuls les quatre premiers points sont alignés avec l'origine

5 Déterminer la concentration molaire de la solution S.

Données utiles $A_S = 0{,}350$; graphe $A = f(C)$

L'absorbance $A_S = 0{,}350$ est inférieure à celle de S_3 : elle se situe dans le domaine où la loi de Beer-Lambert s'applique (question 4).

On trace la droite passant par l'origine et au plus près des quatre premiers points. Elle passe par le point ($80\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; 0,95), d'où son coefficient directeur :

$$k = \frac{0{,}95}{80} = 1{,}2\times10^{-2}\ \text{L}\cdot\mu\text{mol}^{-1}$$

Par le calcul, pour l'ordonnée 0,350 :

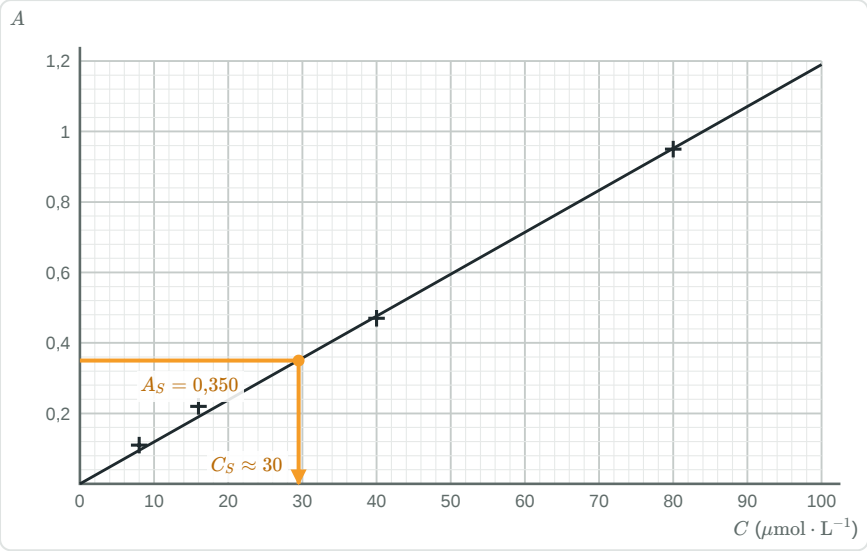
$$C_S = \frac{A_S}{k} = \frac{0{,}350}{1{,}2\times10^{-2}} = 29\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

La lecture graphique donne la même abscisse, à la précision du tracé près : on retient $30\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

$C_S \approx 30\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} = 3{,}0\times10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

PIÈGE
Tracer la droite en s'appuyant sur les six points : elle serait tirée vers le bas par S_1 et S_2, et la concentration lue serait trop grande.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs au plus : la lecture sur le graphe ne permet pas mieux. Le résultat est cohérent avec l'encadrement de la question 3 (entre 16 et $40\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$).



5 · Droite d'étalonnage (solutions diluées) et lecture de la concentration de S

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.95}{80}$ ≈ 0.011875

$\frac{0.350}{1.2 \times 10^{-2}}$ ≈ 29.16667

6 La valeur trouvée expérimentalement est-elle en accord, à 10 % près, avec l'indication du laboratoire ?

Données utiles 1 000 000 UI pour 100 mL de collyre ; 1 UI = 0,001127 mg ; $M = 720{,}8$ g · mol^{-1} ; collyre dilué 500 fois ; $C_S = 3{,}0 \times 10^{-5}$ mol · L^{-1} (Q5)

Indication du laboratoire. Masse de rifamycine dans $V = 100$ mL de collyre :

$m = 1\,000\,000 \times 0{,}001127 = 1\,127$ mg $= 1{,}127$ g

Concentration molaire correspondante :

$$C_{\text{labo}} = \frac{n}{V} = \frac{m}{M\,V} = \frac{1{,}127}{720{,}8 \times 0{,}100} = 1{,}56 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Valeur expérimentale. Le collyre est 500 fois plus concentré que la solution S :

$C_{\text{exp}} = 500 \times C_S = 500 \times 3{,}0 \times 10^{-5} = 1{,}5 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1}

Comparaison. Écart relatif :

$$\frac{|C_{\text{exp}} - C_{\text{labo}}|}{C_{\text{labo}}} = \frac{1{,}56 \times 10^{-2} - 1{,}5 \times 10^{-2}}{1{,}56 \times 10^{-2}} = 0{,}04$$

Écart relatif d'environ 4 %, inférieur à 10 % : la mesure est **en accord** avec l'indication du laboratoire.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1 \times 10^6 \times 0.001127$ ≈ 1127

$\frac{1.127}{720.8 \times 0.100}$ ≈ 0.01563541

$500 \times 3.0 \times 10^{-5}$ ≈ 0.015

$\frac{1.56 \times 10^{-2} - 1.5 \times 10^{-2}}{1.56 \times 10^{-2}}$ ≈ 0.03846154

PIÈGE
Comparer directement C_S à l'indication de la boîte. La solution S est le collyre dilué 500 fois : il faut multiplier par 500, et convertir les mg en g et les mL en L.

COMPRENDRE
On peut aussi comparer dans l'autre sens : diluée 500 fois, la solution du laboratoire aurait $C = 31$ μmol · L^{-1}, très proche des 30 μmol · L^{-1} mesurés.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer le plan en trois temps (valeur attendue, valeur mesurée, écart relatif) et conclure par une phrase. Une démarche claire rapporte des points même si un calcul est faux.

7 Quelle indication de la notice est illustrée par le graphe de l'absorbance en fonction du temps, à l'obscurité et à la lumière ? Justifier.

Données utiles à l'obscurité, $A \approx 0{,}92$ pendant 15 jours ; à la lumière, A passe de 0,92 à 0,25 en 15 jours

À l'obscurité, l'absorbance de la solution reste pratiquement constante ($A \approx 0{,}92$) pendant 15 jours. À la lumière, elle diminue sans cesse : elle passe de 0,92 à environ 0,25 en 15 jours.

Or l'absorbance est proportionnelle à la concentration en rifamycine (loi de Beer-Lambert). La concentration en rifamycine ne change donc pas à l'obscurité, alors qu'elle est divisée par presque 4 à la lumière : la rifamycine est dégradée par la lumière et le collyre perd son principe actif.

Le document illustre l'indication « **à conserver à l'abri de la lumière** ».

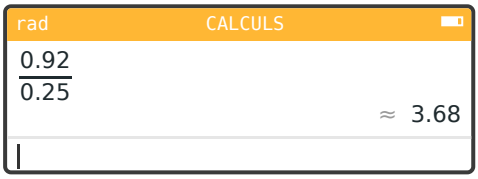
PIÈGE

Se contenter de décrire les deux courbes. Il faut relier l'absorbance à la concentration en rifamycine pour conclure sur la conservation du médicament.

COMPRENDRE

Le document ne dit rien de la température. Il ne justifie pas non plus à lui seul la durée de 15 jours, puisque la solution gardée à l'obscurité reste stable sur toute cette durée.

À LA CALCULATRICE



A propos des éclipses solaires

Bac S 2018 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 2 **11 points** **Durée conseillée 1 h 50**

1.1 Partie A. Dans le référentiel géocentrique, quelle est la nature du mouvement d'un point situé sur l'équateur ?

Dans le référentiel géocentrique, un point de l'équateur décrit un cercle, centré sur le centre de la Terre, à vitesse de valeur constante.

Le mouvement est **circulaire uniforme**.

COMPRENDRE
Uniforme ne veut pas dire sans accélération : le vecteur vitesse change de direction à chaque instant.

1.2 Partie A. Montrer que la valeur de la vitesse d'un point situé sur l'équateur est égale à $465\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Données utiles $D_T = 12\,742$ km ; durée d'un tour : 23 h 56 min

En un tour, de durée Δt, le point parcourt le périmètre de l'équateur πD_T :

$$v = \frac{\pi D_T}{\Delta t}$$

$\Delta t = 23 \times 3600 + 56 \times 60 = 86\,160$ s et $D_T = 12\,742 \times 10^3$ m.

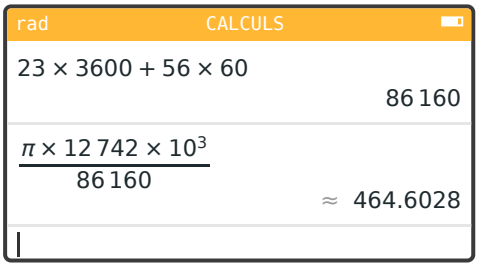
$$v = \frac{\pi \times 12\,742 \times 10^3}{86\,160} = 464{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v \approx 465\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, valeur attendue.

PIÈGE
Utiliser le diamètre comme un rayon ($2\pi D_T$), garder les kilomètres, ou prendre 24 h : le tour dure un jour sidéral.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : la durée « environ 23 h 56 min » limite la précision. Trois chiffres suffisent, comme la valeur annoncée.

À LA CALCULATRICE



1.3 Partie A. Quelle est la vitesse d'un point de la ville de Columbia, sachant que $V = 465 \times \cos(\alpha)$?

Données utiles latitude de Columbia : $\alpha = 38{,}94^\circ$

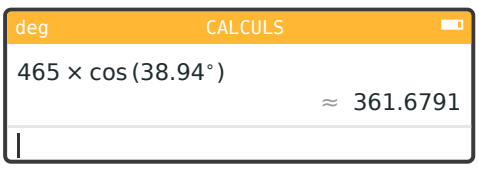
$V = 465 \times \cos(38{,}94^\circ)$

$V = 362\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

PIÈGE
Calculatrice en radians, ou longitude ($92{,}33^\circ$) à la place de la latitude.

COMPRENDRE
Un point de latitude α décrit un cercle de rayon $R_T \cos(\alpha)$ dans le même temps : il va moins vite qu'à l'équateur.

À LA CALCULATRICE



2.1 Partie A. En exploitant la carte, montrer que, dans le référentiel terrestre, la vitesse moyenne V_0 de l'ombre de la Lune sur la Terre vaut environ $750\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Données utiles passage à Salem à 17 h 17, à Charleston à 18 h 47 ; échelle : segment de 500 km

Distance : mesurée à la règle sur la carte, la distance Salem–Charleston vaut environ 8,2 fois la longueur du segment d'échelle.

$L = 8{,}2 \times 500 = 4{,}1 \times 10^3$ km

Durée : $\Delta t = 18\text{ h }47 - 17\text{ h }17 = 1\text{ h }30\text{ min} = 5\,400$ s

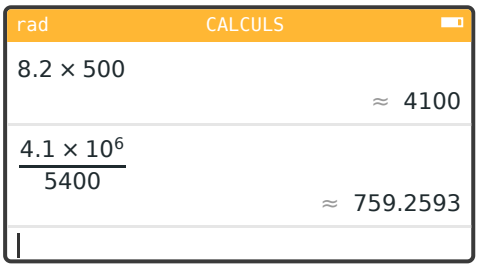
$$V_0 = \frac{L}{\Delta t} = \frac{4{,}1 \times 10^6}{5\,400} = 7{,}6 \times 10^2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$V_0 \approx 7{,}6 \times 10^2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, soit environ $750\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ compte tenu de la précision de la mesure à la règle.

COMPRENDRE
La mesure entre Columbia et Charleston (27 min de trajet) est acceptée aussi et donne une valeur voisine. La trajectoire étant légèrement courbe, la distance mesurée en ligne droite est un peu sous-estimée.

MÉTHODE
Exploiter une échelle : mesurer le segment d'échelle et la distance cherchée avec la même règle, puis faire le rapport. Choisir les deux points les plus éloignés réduit l'erreur relative de lecture.

À LA CALCULATRICE



2.2 Partie A. À partir de la durée maximale de l'éclipse en un lieu, estimer le diamètre de l'ombre de la Lune sur la Terre. Cette valeur est-elle pertinente au regard de la carte ?

Données utiles $V_0 = 750\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; durée maximale : 2 min 38 s (Columbia)

Pendant la durée τ de l'éclipse en un lieu, l'ombre, qui avance à la vitesse V_0, défile entièrement au-dessus de ce lieu : elle se déplace d'une distance égale à son diamètre D_O.

$D_O = V_0 \times \tau$ avec $\tau = 2 \times 60 + 38 = 158$ s

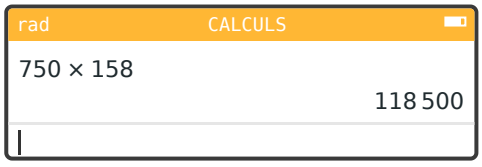
$D_O = 750 \times 158 = 1{,}2 \times 10^5$ m

Sur la carte, la bande grise balayée par l'ombre a une largeur d'environ un quart du segment d'échelle, soit environ 120 km.

$D_O \approx 1{,}2 \times 10^2$ km : valeur pertinente, elle correspond à la largeur de la bande d'ombre sur la carte.

COMPRENDRE
La durée est maximale pour un lieu placé sur la ligne centrale de la bande : il est traversé par un diamètre entier de l'ombre. Sur le bord de la bande, l'éclipse totale est plus brève.

À LA CALCULATRICE



3.1 Partie A. Pourquoi ne tient-on pas compte de la diffraction des rayons lumineux par la Lune ? Argumenter avec des valeurs numériques.

Données utiles $D_L = 3\,474$ km ; lumière visible : λ entre 400 nm et 800 nm

La diffraction par un obstacle de taille a est d'autant plus marquée que le rapport $\dfrac{\lambda}{a}$ est grand.

Ici l'obstacle est la Lune : $a = D_L \approx 3 \times 10^{6}$ m, et la lumière visible a une longueur d'onde $\lambda \approx 6 \times 10^{-7}$ m.

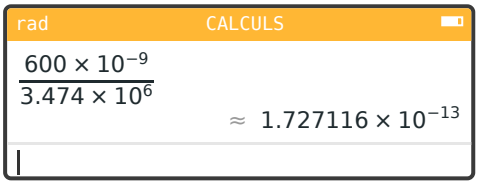
$$\frac{\lambda}{D_L} \approx \frac{6 \times 10^{-7}}{3 \times 10^{6}} \approx 2 \times 10^{-13}$$

La longueur d'onde est environ 10^{13} fois plus petite que l'obstacle : la diffraction est totalement négligeable, la lumière se propage en ligne droite.

PIÈGE
Écrire seulement « la Lune est grande » : l'énoncé exige des valeurs. Il faut comparer λ et D_L dans la même unité.

COMPRENDRE
Ce rapport est l'ordre de grandeur de l'angle de diffraction $\theta \approx \lambda/a$, en radians. C'est ce qui justifie le tracé de l'ombre avec des rayons rectilignes sur le schéma du sujet.

À LA CALCULATRICE

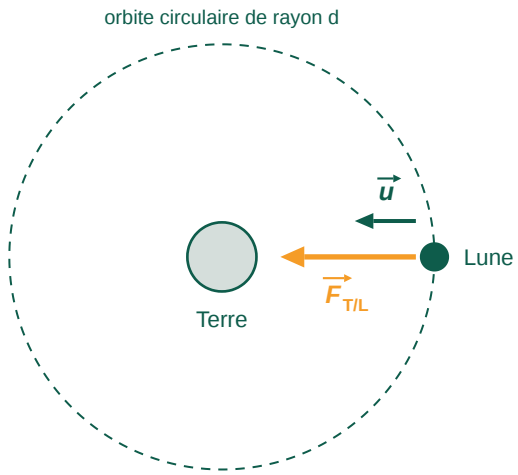


3.2 Partie A. Faire un schéma avec la Terre, la Lune et son orbite circulaire ; représenter la force $\overrightarrow{F_{T/L}}$ et le vecteur unitaire $\vec{u}$ orienté de la Lune vers la Terre.

Voir le schéma : la force $\overrightarrow{F_{T/L}}$ est appliquée au centre de la Lune, portée par la droite Lune–Terre et dirigée vers la Terre (force attractive). Le vecteur $\vec{u}$ a la même direction et le même sens.

$\overrightarrow{F_{T/L}}$ et $\vec{u}$ partent de la Lune et pointent vers le centre de la Terre.

PIÈGE
Faire partir la force de la Terre : $\overrightarrow{F_{T/L}}$ s'exerce sur la Lune, son point d'application est le centre de la Lune.



3.2 · La Lune sur son orbite circulaire autour de la Terre

3.3 Partie A. Donner l'expression vectorielle de $\overrightarrow{F}_{T/L}$.

La Terre et la Lune, à répartition sphérique de masse, ont leurs centres distants de d.

$$\boxed{\overrightarrow{F}_{T/L} = G\,\frac{M_L\,M_T}{d^2}\,\vec{u}}$$

PIÈGE
Mettre un signe « $-$ » par habitude : ici $\vec{u}$ est orienté de la Lune vers la Terre, dans le sens de la force.

3.4 Partie A. Établir l'expression vectorielle de l'accélération de la Lune en fonction de G, M_T, d et $\vec{u}$.

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

Deuxième loi de Newton : $\sum \overrightarrow{F}_{\text{ext}} = M_L\,\vec{a}_L$, soit $G\,\dfrac{M_L\,M_T}{d^2}\,\vec{u} = M_L\,\vec{a}_L$.

$$\boxed{\vec{a}_L = \frac{G\,M_T}{d^2}\,\vec{u}}$$

COMPRENDRE
La masse de la Lune se simplifie : l'accélération ne dépend que de l'astre attracteur et de la distance. Elle est dirigée vers le centre de la Terre (centripète).

3.5 Partie A. Montrer que la vitesse de la Lune sur son orbite s'exprime par $V_L = \sqrt{\dfrac{G\,M_T}{d}}$.

Données utiles $\vec{a}_L = \dfrac{G\,M_T}{d^2}\,\vec{u}$ (3.4)

Pour un mouvement circulaire de rayon d, l'accélération s'écrit dans le repère de Frenet, avec $\vec{u}$ dirigé vers le centre et $\vec{t}$ tangent à la trajectoire :

$$\vec{a}_L = \frac{V_L^2}{d}\,\vec{u} + \frac{\mathrm{d}V_L}{\mathrm{d}t}\,\vec{t}$$

Par identification avec le résultat de 3.4 :

selon $\vec{t}$: $\dfrac{\mathrm{d}V_L}{\mathrm{d}t} = 0$, le mouvement est uniforme ;

selon $\vec{u}$: $\dfrac{V_L^2}{d} = \dfrac{G\,M_T}{d^2}$, donc $V_L^2 = \dfrac{G\,M_T}{d}$.

$$\boxed{V_L = \sqrt{\frac{G\,M_T}{d}}\text{, relation attendue.}}$$

MÉTHODE
Orbite circulaire : 1) deuxième loi de Newton ; 2) accélération dans le repère de Frenet ; 3) identification. La composante tangentielle donne l'uniformité, la composante normale donne la vitesse.

3.6 Partie A. Calculer la valeur de la vitesse de la Lune sur son orbite.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg ; $d = 3{,}84 \times 10^{5}$ km

$d = 3{,}84 \times 10^{8}$ m

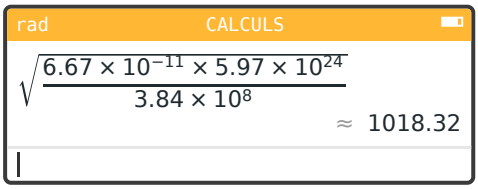
$$V_L = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}97 \times 10^{24}}{3{,}84 \times 10^{8}}}$$

$$\boxed{V_L = 1{,}02 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

PIÈGE
Laisser d en kilomètres : G est en unités SI, la distance doit être en mètres.

COMPRENDRE
Environ $1\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ dans le référentiel géocentrique. L'ombre va moins vite sur le sol (2.1) car la Terre tourne dans le même sens et emporte l'observateur.

À LA CALCULATRICE



1.1 Partie B. Le spectre donné de la couronne solaire est-il un spectre d'émission ou d'absorption ? Justifier.

Le spectre montre des pics d'intensité lumineuse (He, Fe, Hα) qui se détachent au-dessus d'un fond peu intense : la couronne émet de la lumière à ces longueurs d'onde précises.

C'est un spectre **d'émission** (spectre de raies d'émission).

COMPRENDRE
Un spectre d'absorption montrerait l'inverse : un fond continu intense avec des creux d'intensité aux longueurs d'onde absorbées.

1.2 Partie B. À quel domaine du spectre électromagnétique ce spectre appartient-il ? Justifier.

Les longueurs d'onde du spectre vont d'environ 540 nm à 670 nm. Elles sont comprises entre 400 nm et 800 nm, limites du domaine visible dans le vide.

Le spectre appartient au domaine **visible**.

1.3 Partie B. À quelle transition T1, T2 ou T3 du diagramme énergétique correspond la radiation de l'hélium observée dans le spectre ?

Données utiles $\lambda = 587{,}6$ nm ; $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J·s ; $c = 2{,}998 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}602 \times 10^{-19}$ J

Énergie du photon émis : $\Delta E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$

$$\Delta E = \frac{6{,}626 \times 10^{-34} \times 2{,}998 \times 10^{8}}{587{,}6 \times 10^{-9}} = 3{,}381 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E = \frac{3{,}381 \times 10^{-19}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 2{,}110 \text{ eV}$$

Écarts d'énergie du diagramme :

T1 : $-1{,}873 - (-3{,}627) = 1{,}754$ eV

T2 : $-1{,}517 - (-3{,}627) = 2{,}110$ eV

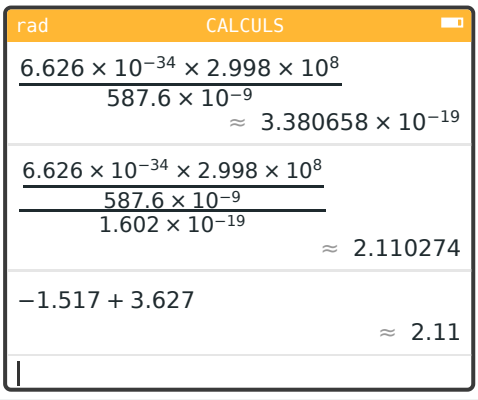
T3 : $-3{,}627 - (-4{,}780) = 1{,}153$ eV

La radiation de l'hélium correspond à la transition **T2** ($\Delta E = 2{,}110$ eV).

PIÈGE
Oublier de convertir les nanomètres en mètres, ou comparer des joules à des électronvolts.

COMPRENDRE
Les données ont quatre chiffres significatifs : on en garde quatre, ce qui permet de trancher sans ambiguïté entre les trois transitions.

À LA CALCULATRICE



1.4 Partie B. Un spectromètre d'incertitude relative $\frac{U(\lambda)}{\lambda} = 10^{-3}$ permet-il de discerner la radiation de l'hélium de celles du sodium (589,0 nm et 589,6 nm) ?

Données utiles $\lambda_{He} = 587{,}6$ nm

$U(\lambda) = 10^{-3} \times \lambda$. Pour les trois raies, voisines de 588 nm : $U(\lambda) = 0{,}6$ nm.

Hélium : $\lambda_{He} = (587{,}6 \pm 0{,}6)$ nm, soit l'intervalle $[587{,}0\ ;\ 588{,}2]$ nm.

Raie du sodium la plus proche : $\lambda_{Na} = (589{,}0 \pm 0{,}6)$ nm, soit $[588{,}4\ ;\ 589{,}6]$ nm.

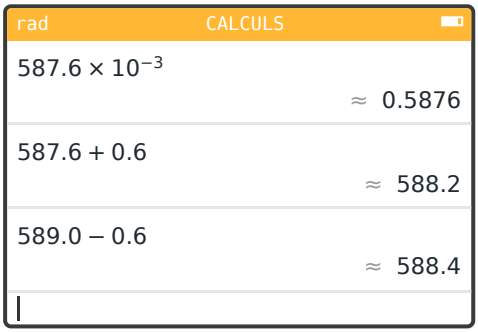
Les deux intervalles n'ont aucune valeur commune ; la raie à 589,6 nm est encore plus éloignée.

Oui : ce spectromètre permet de discerner la radiation de l'hélium de celles du sodium.

COMPRENDRE
Les deux raies du sodium, distantes de 0,6 nm seulement, ont des intervalles qui se recouvrent : ce spectromètre ne les sépare pas l'une de l'autre.

MÉTHODE
Deux mesures sont discernables si leurs intervalles $[\lambda - U\ ;\ \lambda + U]$ ne se recouvrent pas. Une incertitude s'arrondit par excès, avec un seul chiffre significatif.

À LA CALCULATRICE



2.1 Partie B. Comparer les températures de la couronne solaire et de la surface du Soleil.

Données utiles $\lambda_{max} = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{T}$; $\Delta\lambda = 7{,}2 \times 10^{-7} \times \lambda_0 \times \sqrt{T}$; $\lambda_0 = 656{,}3$ nm (raie Hα)

Surface du Soleil (loi de Wien). Sur le spectre de la surface, le maximum d'intensité est lu à $\lambda_{max} \approx 0{,}46\ \mu$m.

$$T_{surface} = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}} = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{0{,}46 \times 10^{-6}} = 6{,}3 \times 10^{3}\ \text{K}$$

Couronne (élargissement de la raie Hα). Sur le détail de la raie, la largeur à mi-hauteur vaut une graduation de l'axe : $\Delta\lambda \approx 0{,}5$ nm.

En isolant T : $T_{couronne} = \left(\frac{\Delta\lambda}{7{,}2 \times 10^{-7} \times \lambda_0}\right)^2$

$$T_{couronne} = \left(\frac{0{,}5 \times 10^{-9}}{7{,}2 \times 10^{-7} \times 656{,}3 \times 10^{-9}}\right)^2 = 1{,}1 \times 10^{6}\ \text{K}$$

$$\frac{T_{couronne}}{T_{surface}} = \frac{1{,}1 \times 10^{6}}{6{,}3 \times 10^{3}} \approx 1{,}7 \times 10^{2}$$

$T_{couronne} \approx 1 \times 10^{6}$ K et $T_{surface} \approx 6 \times 10^{3}$ K : la couronne est environ 200 fois plus chaude que la surface.

PIÈGE
Oublier le carré en isolant T, ou mélanger nanomètres et mètres : $\Delta\lambda$ et λ_0 doivent être dans la même unité, λ_{max} en mètres.

COMPRENDRE
Les lectures graphiques sont peu précises : toute valeur de λ_{max} entre 0,43 et 0,50 µm est recevable. Seul l'ordre de grandeur compte, quelques milliers de kelvins contre un million.

COMPRENDRE
La loi de Wien ne figure plus au programme de spécialité de terminale ; ici les deux relations sont fournies, il suffit de les exploiter.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2.9 \times 10^{-3}}{0.46 \times 10^{-6}} \approx 6304.348$$

$$\left(\frac{0.5 \times 10^{-9}}{7.2 \times 10^{-7} \times 656.3 \times 10^{-9}}\right)^2 \approx 1119619$$

$$\frac{1.1 \times 10^{6}}{6.3 \times 10^{3}} \approx 174.6032$$

2.2 Partie B. À quel problème sont confrontés les astrophysiciens dans l'estimation de ces températures ?

Les températures ne sont pas mesurées directement : elles sont déduites de la lumière reçue, à l'aide de modèles.

- Surface : le spectre réel est irrégulier près de son maximum et le Soleil n'est pas exactement un corps noir ; $\lambda_{\max}$ est repérée avec peu de précision.
- Couronne : sa lumière est très faible devant celle de la surface ; elle n'est observable que lorsque le disque solaire est masqué, lors d'une éclipse. De plus, la raie est bruitée et T dépend du carré de $\Delta\lambda$.

Les deux températures sont estimées indirectement, par deux méthodes différentes et peu précises ; le résultat obtenu, une couronne bien plus chaude que la surface dont elle est issue, est de plus inattendu.

COMPRENDRE

Comme T varie comme $\Delta\lambda^2$, une erreur de 10 % sur la largeur de la raie entraîne environ 20 % d'erreur sur la température de la couronne.

L'acide cinnamique

Bac S 2018 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Vérifier la valeur de la masse molaire de l'acide cinnamique, puis donner son état physique à température ambiante en justifiant.

Données utiles $M(\mathrm{C}) = 12\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{H}) = 1\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{O}) = 16\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $T_{\text{fusion}} = 135\ ^\circ\mathrm{C}$

Sur la formule topologique, on compte 9 atomes de carbone (6 dans le cycle, 2 pour $\mathrm{CH{=}CH}$, 1 pour COOH), 8 atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène : la formule brute est $\mathrm{C_9H_8O_2}$.

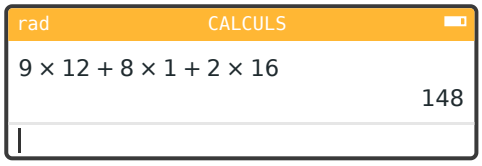
$M = 9\,M(\mathrm{C}) + 8\,M(\mathrm{H}) + 2\,M(\mathrm{O}) = 9 \times 12 + 8 \times 1 + 2 \times 16 = 148\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$: la valeur du tableau est retrouvée.

La température ambiante (environ $20\ ^\circ\mathrm{C}$) est inférieure à la température de fusion ($135\ ^\circ\mathrm{C}$).

$M = 148\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; l'acide cinnamique est **solide** à température ambiante.

PIÈGE
Oublier des hydrogènes non dessinés : chaque carbone du cycle lié à un seul substituant porte un H (5 au total), chaque carbone de la double liaison en porte un, et le groupe OH apporte le huitième.

À LA CALCULATRICE

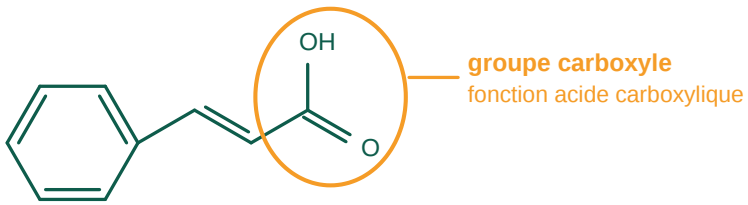


1.2 Recopier la formule de l'acide cinnamique, entourer le groupe caractéristique et nommer la fonction chimique correspondante.

Voir la formule recopiée ci-dessous : le groupe entouré est $-\mathrm{COOH}$.

Groupe **carboxyle**, fonction **acide carboxylique**.

PIÈGE
Entourer seulement OH et répondre « alcool », ou seulement $\mathrm{C{=}O}$. Le carbone, l'oxygène doublement lié et le groupe OH forment un seul groupe caractéristique.



1.2 · Acide cinnamique : le groupe caractéristique est entouré

1.3 Représenter la formule topologique du stéréoisomère A de l'acide cinnamique et nommer le type de stéréoisomérie de configuration qui les lie.

Chaque carbone de la double liaison $\mathrm{C{=}C}$ porte deux substituants différents (H et le cycle pour l'un, H et COOH pour l'autre) : deux dispositions existent. Dans la molécule du tableau, le cycle et le groupe carboxyle sont de part et d'autre de la double liaison (E). Dans A, ils sont du même côté (Z).

A est le stéréoisomère **Z** ; il est lié à l'acide cinnamique par une **stéréoisomérie Z/E** (les deux molécules sont diastéréoisomères).

PIÈGE
Faire tourner le groupe carboxyle autour de la liaison simple ne crée pas un stéréoisomère de configuration. Il faut changer la disposition autour de la double liaison $\mathrm{C{=}C}$.

COMPRENDRE
La stéréoisomérie (Z/E, énantiomères, diastéréoisomères) faisait partie du programme de Terminale S. Elle ne figure plus au programme actuel de la spécialité physique-chimie.



Stéréoisomère A (Z) :
les deux groupes sont du même côté de C=C

1.3 · Formule topologique du stéréoisomère A

2.1 Déterminer la formule brute de la molécule notée B.

Données utiles benzaldéhyde C_7H_6O ; acide malonique $C_3H_4O_4$; acide cinnamique $C_9H_8O_2$ (1.1)

Avec les formules brutes : $C_7H_6O + C_3H_4O_4 \longrightarrow C_9H_8O_2 + H_2O + B$.

Conservation des éléments :

- carbone : $7 + 3 = 10$ à gauche, 9 à droite hors B : B contient 1 C ;
- hydrogène : $6 + 4 = 10$ à gauche, $8 + 2 = 10$ à droite : B ne contient pas de H ;
- oxygène : $1 + 4 = 5$ à gauche, $2 + 1 = 3$ à droite hors B : B contient 2 O.

B a pour formule brute CO_2 (dioxyde de carbone).

2.2 Choisir le nom officiel de l'acide malonique parmi : acide 2-méthylpropanoïque, acide propanedioïque, acide 3-hydroxypropanoïque. Justifier.

La molécule a une chaîne de trois atomes de carbone, sans ramification (racine « propan »), et un groupe carboxyle à chaque extrémité (terminaison « dioïque »).

Les deux autres noms sont écartés : l'acide 2-méthylpropanoïque a une ramification méthyle et un seul groupe carboxyle ; l'acide 3-hydroxypropanoïque porte un groupe hydroxyle et un seul groupe carboxyle.

L'acide malonique est l'**acide propanedioïque**.

MÉTHODE
Pour choisir un nom : compter les carbones de la chaîne principale (racine), repérer les groupes caractéristiques (terminaison ou préfixe), puis vérifier la formule brute. Ici $C_3H_4O_4$ impose quatre atomes d'oxygène, donc deux groupes carboxyle.

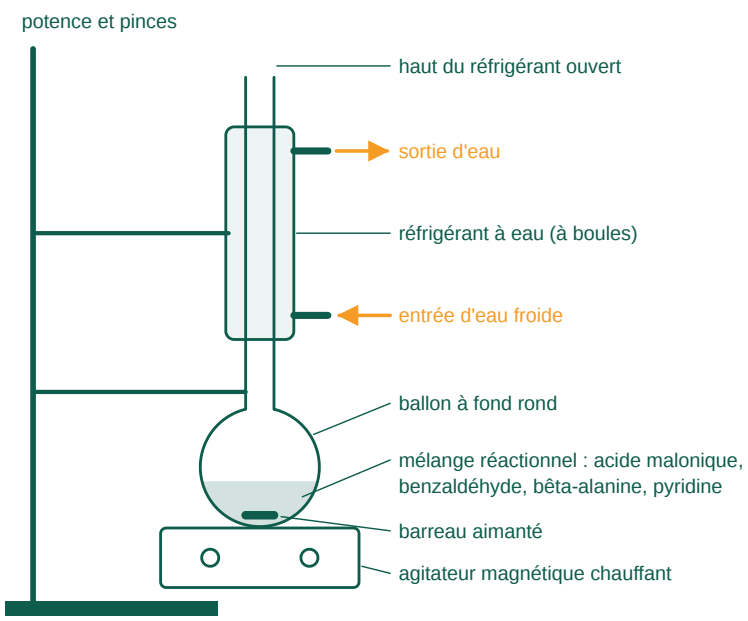
2.3 Faire un schéma légendé du montage utilisé pour réaliser cette synthèse.

Le protocole indique un chauffage à reflux avec agitation : ballon contenant le mélange et le barreau aimanté, posé sur un agitateur magnétique chauffant, surmonté d'un réfrigérant à eau vertical, ouvert en haut ; l'eau entre par le bas et sort par le haut.

Montage de **chauffage à reflux** légendé (schéma ci-dessous).

PIÈGE
Boucher le haut du réfrigérant (surpression dangereuse) ou faire entrer l'eau par le haut (le manchon se remplit mal). Une légende manquante coûte aussi des points.

COMPRENDRE
Chauffer accélère la transformation. Le réfrigérant condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon : on chauffe longtemps sans perdre de matière.



2.3 · Montage de chauffage à reflux

2.4 Quelle est la nature de la réaction entre la pyridine et l'acide cinnamique ? Justifier.

L'acide cinnamique $C_6H_5-CH=CH-COOH$ cède un ion H^+ et devient $C_6H_5-CH=CH-COO^-$: c'est un acide. La pyridine C_5H_5N capte cet ion H^+ et devient $C_5H_5NH^+$: c'est une base.

Il y a transfert d'un ion H^+ entre les réactifs : c'est une **réaction acide-base**.

MÉTHODE
Pour reconnaître une réaction acide-base, écrire les deux couples acide/base mis en jeu (ici celui de l'acide cinnamique et le couple $C_5H_5NH^+$ / C_5H_5N), puis vérifier que l'acide de l'un réagit avec la base de l'autre.

2.5 Proposer une justification de l'apparition d'un précipité d'acide cinnamique lors de l'ajout d'acide chlorhydrique concentré.

Données utiles $pK_A = 4{,}4$; pH final égal à 1 ; acide cinnamique peu soluble dans l'eau

Avant l'ajout, la pyridine a transformé l'acide cinnamique en sa base conjuguée, l'ion $C_6H_5-CH=CH-COO^-$, espèce ionique dissoute dans le mélange.

L'acide chlorhydrique amène le pH à 1, valeur inférieure au pK_A du couple (4,4) : c'est alors la forme acide qui prédomine. Les ions H_3O^+ réagissent avec la base :

$$C_6H_5-CH=CH-COO^- + H_3O^+ \longrightarrow C_6H_5-CH=CH-COOH + H_2O$$

L'acide cinnamique reformé est peu soluble dans l'eau (froide, de plus) : il **précipite**.

MÉTHODE
Comparer pH et pK_A : si $pH < pK_A$, l'acide du couple prédomine ; si $pH > pK_A$, c'est la base. Un diagramme de prédominance sur un axe de pH suffit à le justifier.

2.6 Proposer une méthode de récupération de l'acide cinnamique.

L'acide cinnamique est le solide en suspension dans le mélange ; les autres espèces restent dissoutes dans la phase liquide.

On le récupère par **filtration** (de préférence sous pression réduite, sur entonnoir Büchner), puis on le rince à l'eau froide et on le sèche.

PIÈGE
Répondre « extraction par solvant » ou « distillation » : le produit est un solide dans un liquide, la technique adaptée est la filtration.

2.7 Les étudiants ont obtenu 11,6 g d'acide cinnamique. Déterminer la valeur du rendement de la réaction.

Données utiles acide malonique : $m_1 = 25{,}0$ g, $M_1 = 104$ g · mol^{-1} ; benzaldéhyde : $V_2 = 10{,}0$ mL, $\rho = 1{,}04$ g · mL^{-1}, $M_2 = 106$ g · mol^{-1} ; acide cinnamique : $M = 148$ g · mol^{-1}, $m_{\text{exp}} = 11{,}6$ g

Quantités initiales :

$n_1 = \dfrac{m_1}{M_1} = \dfrac{25{,}0}{104} = 0{,}240$ mol (acide malonique)

$n_2 = \dfrac{\rho V_2}{M_2} = \dfrac{1{,}04 \times 10{,}0}{106} = 9{,}81 \times 10^{-2}$ mol (benzaldéhyde)

Les nombres stœchiométriques des deux réactifs valent 1 et $n_2 < n_1$: le benzaldéhyde est le réactif limitant.

Une mole de benzaldéhyde donne une mole d'acide cinnamique : $n_{\text{max}} = n_2$, soit

$m_{\text{max}} = n_2 \times M = 9{,}81 \times 10^{-2} \times 148 = 14{,}5$ g

$$\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{max}}} = \frac{m_{\text{exp}}\, M_2}{\rho\, V_2\, M} = \frac{11{,}6 \times 106}{1{,}04 \times 10{,}0 \times 148}$$

$\eta = 0{,}799$, soit un rendement d'environ $80\ \%$.

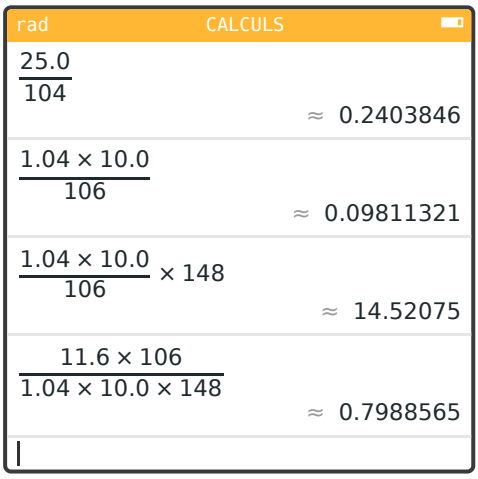
PIÈGE

Prendre l'acide malonique comme référence parce que sa masse est donnée directement. Le rendement se calcule toujours par rapport au réactif limitant, qu'il faut identifier en comparant les quantités de matière.

COMPRENDRE

Les données ont trois chiffres significatifs, le résultat aussi. Garder la valeur non arrondie de m_{max} dans la calculatrice : avec $14{,}5$ arrondi on lit $0{,}800$, avec la valeur exacte $0{,}799$.

À LA CALCULATRICE



3 Estimer la masse de xuan shen nécessaire pour obtenir 10 g d'acide cinnamique.

Données utiles teneur : 0,35 mg d'acide cinnamique par gramme de végétaux ; rendement de l'extraction : 80 %

Le rendement de l'extraction est de 80 % : pour récupérer $m = 10$ g, la plante doit contenir

$$m_{\text{contenue}} = \frac{m}{0{,}80} = \frac{10}{0{,}80} = 12{,}5 \text{ g} = 1{,}25 \times 10^4 \text{ mg}$$

Un gramme de xuan shen contient 0,35 mg d'acide cinnamique. Par proportionnalité :

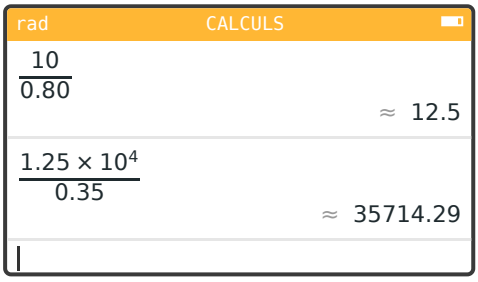
$$m_{\text{plante}} = \frac{1{,}25 \times 10^4}{0{,}35} \times 1 \text{ g} = 3{,}6 \times 10^4 \text{ g}$$

Il faut environ 36 kg de xuan shen pour obtenir 10 g d'acide cinnamique.

PIÈGE
Multiplier par 0,80 au lieu de diviser : avec des pertes, la plante doit contenir plus que 10 g. Attention aussi à convertir les grammes en milligrammes avant la proportionnalité.

COMPRENDRE
La synthèse fournit 11,6 g à partir de quelques dizaines de grammes de réactifs, alors que l'extraction demande 36 kg de plante : la synthèse au laboratoire est bien plus économique, ce qui répond à l'objectif de l'exercice.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Du carburant à partir de l'eau de mer

Bac S 2018 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Justifier que les alcanes synthétisés à partir de l'eau de mer par le procédé du NRL peuvent servir de carburant pour les avions.

D'après le texte, le catalyseur du NRL fournit un mélange liquide d'alcanes dont la chaîne compte de 9 à 16 atomes de carbone.

Le schéma du raffinage montre que le kérosène, carburant des avions tiré du pétrole, est la coupe des hydrocarbures de C_{10} à C_{16}.

Les alcanes synthétisés (C_9 à C_{16}) ont pratiquement les mêmes longueurs de chaîne que le kérosène (C_{10} à C_{16}) : le mélange obtenu peut le remplacer.

MÉTHODE
Pour « justifier » à partir de documents : citer l'information utile de chaque document, puis les rapprocher dans une phrase de conclusion. Une affirmation sans renvoi aux documents ne rapporte pas les points.

2 Écrire une équation de réaction modélisant la synthèse d'un alcane à partir de dioxyde de carbone et de dihydrogène (il se forme aussi de l'eau). Problème : estimer le volume d'eau de mer nécessaire pour fabriquer 1 L de carburant, sans compter l'eau servant à produire H_2.

Données utiles tridécane : $M = 184\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 13 atomes de carbone, $\rho = 0{,}756\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; eau de mer : $\rho_{\text{mer}} = 1{,}03\ \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$; extraction de 92 % du CO_2 ; graphique : $2060\ \mu\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ de CO_2 dissous en surface

Équation de la synthèse. Un alcane a pour formule brute C_nH_{2n+2}. On ajuste dans l'ordre C, puis O, puis H :

$$n\,CO_2 + (3n+1)\,H_2 \longrightarrow C_nH_{2n+2} + 2n\,H_2O$$

Pour le tridécane ($n = 13$) : $13\,CO_2 + 40\,H_2 \longrightarrow C_{13}H_{28} + 26\,H_2O$.

Problème. Hypothèses : le carburant est assimilé à du tridécane pur (alcane du milieu de la coupe C_9 à C_{16}) ; l'eau est puisée en surface ; la synthèse est totale.

Quantité d'alcane dans $V = 1$ L $= 1000$ mL de carburant :

$$n_{\text{alc}} = \frac{\rho V}{M} = \frac{0{,}756 \times 1000}{184} = 4{,}11\ \text{mol}$$

Quantité de CO_2 à extraire. D'après l'équation, il faut 13 mol de CO_2 par mole de tridécane :

$$n_{CO_2} = 13\,n_{\text{alc}} = 13 \times 4{,}11 = 53{,}4\ \text{mol}$$

Masse d'eau de mer. En surface, le graphique donne $2060\ \mu\text{mol}$ de CO_2 par kilogramme d'eau. La cellule en récupère 92 %, soit $0{,}92 \times 2060 = 1{,}90 \times 10^3\ \mu\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 1{,}90 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$.

$$m_{\text{mer}} = \frac{53{,}4}{1{,}90 \times 10^{-3}} = 2{,}8 \times 10^4\ \text{kg}$$

Volume d'eau de mer :

$$V_{\text{mer}} = \frac{m_{\text{mer}}}{\rho_{\text{mer}}} = \frac{2{,}8 \times 10^4}{1{,}03} = 2{,}7 \times 10^4\ \text{L}$$

Regard critique. Avec le nonane on trouve 26 m³ et avec l'hexadécane 28 m³ : le choix de l'alcane change peu l'estimation. Ce volume, de l'ordre d'un bassin de 10 m sur 2 m profond de 1,4 m, est très grand devant 1 L de carburant mais dérisoire à l'échelle de l'océan.

$V_{\text{mer}} \approx 2{,}7 \times 10^4$ L, soit environ $27\ \text{m}^3$ d'eau de mer pour 1 L de carburant.

PIÈGE
Oublier le coefficient 13 entre l'alcane et CO_2, ou laisser la concentration en $\mu\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$. Le graphique donne une quantité par kilogramme d'eau : on obtient une masse, à convertir en volume avec ρ_{mer}.

COMPRENDRE
C'est une estimation : deux chiffres significatifs suffisent (92 % en a deux). Tout autre alcane de C_9 à C_{16} ou toute profondeur jusqu'à 500 m est accepté ; le résultat reste entre 25 et 28 m³.

COMPRENDRE
La « résolution de problème » de l'ancien enseignement de spécialité n'existe plus sous cette forme. Les outils employés ici (quantité de matière, masse volumique, stœchiométrie) restent au programme actuel.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.756 \times 1000}{184} \approx 4.108696$$

$$\frac{13 \times 0.756 \times 1000}{184} \approx 53.41304$$

$$0.92 \times 2060 \approx 1895.2$$

$$\frac{\frac{13 \times 0.756 \times 1000}{184}}{0.92 \times 2060 \times 10^{-6}} \approx 28183.33$$

$$\frac{\frac{\frac{13 \times 0.756 \times 1000}{184}}{0.92 \times 2060 \times 10^{-6}}}{1.03} \approx 27362.45$$